大数据 Big Data

物联网

Internet of Things

复杂信息系统

Complex Information System

梁循 杨小平 赵吉超 编著

清华大学出版社

大数据物联网复杂信息系统

梁 循 杨小平 赵吉超 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书综合了大量国内外的研究资料和作者的研究成果，以大数据物联网为研究对象，探索了在大数据环境下物联网的复杂信息系统，描述了物联网的相关技术及理论框架，讨论了物联网在实际生活的一些应用；以最新资料案例为例进行理论分析和模型构建，给出实践指导策略。

本书可供对大数据物联网感兴趣的专业人士或对物联网复杂信息系统感兴趣的商界人士阅读，也可作为计算机应用方向的教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

大数据物联网复杂信息系统/梁循等编著. —北京：清华大学出版社，2017
ISBN 978-7-302-46144-9

Ⅰ. ①大…　Ⅱ. ①梁…　Ⅲ. ①互联网络－应用 ②智能技术－应用　Ⅳ. ①TP393.4 ②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 013760 号

责任编辑：刘向威
封面设计：文　静
责任校对：梁　毅
责任印制：

出版发行：清华大学出版社
　　网　　址：http://www.tup.com.cn，http://www.wqbook.com
　　地　　址：北京清华大学学研大厦 A 座　　**邮　　编**：100084
　　社 总 机：010-62770175　　**邮　　购**：010-62786544
　　投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn
　　质量反馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn
　　课件下载：http://www.tup.com.cn，010-62795954
印 刷 者：
装 订 者：
经　　销：全国新华书店
开　　本：170mm×230mm　**印　　张**：11.25　**字　　数**：227 千字
版　　次：2017 年 3 月第 1 版　**印　　次**：2017 年 3 月第 1 次印刷
印　　数：1～　000
定　　价：　.00 元

产品编号：072750-01

FOREWORD



本书与作者先前编写的12种书籍《网络金融》、《数据挖掘算法与应用》、《互联网金融信息系统的设计与实现》、《电子商务理论与实践》、《网络金融信息挖掘导论》、《网络金融系统设计与实现案例集》、《互联网金融信息智能挖掘基础》、《支持向量机算法及其金融应用》、《金融数据挖掘——基于大数据视角的展望》、《面向社会化媒体大数据的社会计算》、《社会化商务理论与实践》、《社会网络大数据下企业舆情建模和管理》之间的关系见图0-1。本书讨论了大数据物联网及其应用问题。

图0.1　作者前期出版物与本书之间的关系

物联网一词最早出现在比尔·盖茨于 1995 年出版《未来之路》的书中，在中国，物联网的概念在 1999 年就提出来了。顾名思义，"物"即物体、物品、商品，"网"即网状、网络、互联网，"联"即联系、关联，物联网的概念大致可理解为通过一种类似网络的形式将一些物体联系起来的体系结构。物联网概念是在互联网概念的基础上，将其用户端延伸和扩展到任何物品与任何物品之间，进行信息交换和通信的一种网络概念。它也是对于互联网知识研究结果的总结和拓展。与其他国家相比，我国在物联网方面的技术研发水平处于世界前列，具有极大的优势和重大的影响力。

本书在给出物联网清晰的定义和相关知识的前提下，介绍物联网的相关技术及其在实际生活中的应用。第 1 章着重介绍物联网的相关概念和研究基础；第 2 章和第 3 章介绍物联网在感知层和网络层的相关技术，由下至上讨论了物联网的构成基础和运行模式；第 4 章结合最新的研究进展，介绍大数据在物联网中的应用；第 5 章和第 6 章介绍基于物联网的智慧交通和智能医疗运行系统，从而使物联网概念更具有应用性和理解性；第 7 章介绍与物联网相关的几个复杂案例研究，探索了物联网的发展前景和研究意义。

本书的出版受到了国家自然科学基金(71531012、71271211)和中国人民大学科学研究基金项目(10XNI029)的支持。作者的学生也参加了本书的编写，这些同学包括申华、徐志明、王怡、许媛、刘宇、魏玉党、刘汉青等。

由于作者的水平和时间有限，书中一定存在不少缺点，恳请读者批评指正。

作　者

2016 年 9 月

CONTENTS



目录

第1篇　概　　述

第2篇　物联网技术

第 1 篇

概　述

第1章

物联网概述

本章学习目标

- 理解物联网的概念。
- 了解物联网起源、发展的过程。
- 了解物联网的关键技术。

1.1 物联网的起源与发展

随着经济的迅速发展和科学技术的日新月异，智能手机、电脑、iPhone、iPad 等高科技产品使得人们的生活更加便利。互联网的出现与应用是最重要的且最具有划时代的意义。互联网不仅开阔了人们的视野，省去了舟车劳顿，而且在各个方面上都将世界连成了一个密不可分的整体，让世界进入了一个网络化、数字化的时代。然而，就现在而言，互联网已远远不能满足人们生活的需求。继计算机、互联网与移动通信网之后，一种新兴的网络正在慢慢地兴起，这就是——物联网。物联网毫无疑问会成为下一个信息产业革命的浪潮。物联网的出现将用户端从人与人之间，延伸和扩展到任何物品与物品之间，进行信息交换和通信的一种网络概念。

RFID 技术、云计算技术、3G/4G 的发展、传感器技术、二维码技术等领域在物联网的基础上，将会出现空前的发展前景，为全世界信息产业带来又一次跨越式的产业变革。我国当前发展物联网的时机已经非常成熟，尤其在一些发达的东部沿海地区，物联网的相关技术率先得到了发展，为以后全国范围内物联网的发展打下了坚实的基础。

1.1.1 物联网的历史起源

物联网的英文名称是 Internet of Things，简称为 IOT。1995 年比尔·盖茨在

《未来之路》一书中最早提出了物联网的概念，只是当时受限于无线网络、硬件及传感设备的发展，并未引起世人的重视。1998年，美国麻省理工大学（MIT）创造性地提出了当时被称作EPC系统的“物联网”的构想；1999年，美国Auto-ID提出的“物联网”主要建立在物品编码、RFID技术和互联网的基础上；2005年，ITU发布了《ITU互联网报告2005：物联网》，综合二者的内容，正式提出了“物联网”的概念，包括了所有物品的联网和应用。

在中国，物联网这个概念在1999年就提出来了。不过，当时不叫“物联网”，而是叫“传感网”。中科院对新技术有着敏锐的感知，在1999年就启动了传感网的研究和开发。在2009年11月3日，温家宝总理在人民大会堂向首都科技界发表了题为《让科技引领中国可持续发展》的讲话，在讲话中他提出：“要着力突破传感网、物联网关键技术，及早部署后IP时代相关技术研发，使信息网络产业成为推动产业升级、迈向信息社会的‘发动机’”。与其他国家相比，我国在物联网方面的技术研发水平处于世界的前列，具有一定的优势及重大的影响力。

物联网在不断发展的过程中给人们也带来了不小的转变。物联网概念的问世，打破了之前的传统思维。过去的思路一直是将机场、公路、建筑物等物理基础设施和数据中心、个人电脑、宽带等IT基础设施完全分开，而在物联网的时代，钢筋混凝土、电缆等将芯片、宽带整合，形成了统一的基础设施，从这个意义上来看，物联网的基础设施可以说是一个崭新的地球。因此，也有业内人士认为智慧地球的有机构成部分包括物联网与智能电网。

1.1.2 物联网的定义

关于物联网的定义，首先可以从物联网的字面上来理解，根据物联网这三个字可以进行一些联想，“物”即是物体、物品、商品，“网”即是网状、网络、互联网，“联”即是联系、关联，由这些联想可以将“物联网”的概念大致理解为通过一种类似网络的形式将一些物体联系起来的体系结构，这种类似的网络结构和互联网差不多，而将物与物联系起来的主要目的是进行信息交换与通信。

因此在“互联网概念”的基础上，将其用户端延伸和扩展到任何物品与物品之间，就是物联网的概念。目前较为公认的物联网的定义是：通过射频识别（RFID）、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备，按约定的协议，把任何物品与互联网连接起来，进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。

此外，还可以从物联网和互联网的关系上对物联网的概念进行理解。任何事物和该事物在人们头脑中形成的概念都是相互依存的关系。物联网和物联网概念也是相互依存的关系。物联网概念离开了互联网，物联网概念就是无本之木，无源

之水。物联网概念是在互联网概念的基础上，将其用户端延伸和扩展到任何物品之间，进行信息交换和通信的一种网络概念。它也是对于互联网知识研究结果的总结和拓展。

由于物联网的概念来自于对互联网的类比，因此根据物联网与互联网的关系，不同专家学者对物联网有不同的理解，并给出了各自的定义，归纳为以下四种类型：物联网是传感网，不接入互联网；物联网是互联网的一部分；物联网是互联网的补充网络；物联网是未来的互联网。

1.1.3　物联网的基础

物联网技术的本质是网络通信技术，核心是无线技术。高度集成的控制器是它的大脑，各种传感器是它的触角，各种传感器使得物体间形成更加广泛的互联，随时随地提供智能服务，实现了更大规模的网络覆盖和系统集成。

由此，物联网的基础应该包括如下五大模块的内容：第一，无线通信技术，包括信号与噪声、数字通信、调制解调、短距离无线通信、无线 SOC 等；第二，传感器技术，包括常用温湿度、压力、振动、光敏等传感器选型，传感器与网络节点接口等；第三，网络技术，包括基础网络（如简单网络、无线网络微功耗技术、网络拓扑和算法等），无线网络技术（如 ZigBee 传感器网络、高频和超高频射频识别、网络加密与安全、无线定位等），以及物联网网络层技术（如嵌入式 Wi-Fi、嵌入式蓝牙网络、蜂窝网络、GPRS/3G/4G 远程网络、多网络路由和融合等）；第四，智能与信息处理技术，包括智能技术、数据库技术、信息提取、分析、加工、融合等；第五，应用层技术，包括物联网应用工程设计方法和如何使用前面提到的基本技术来构建一个典型的物联网应用项目。

1.1.4　物联网在发展的过程中存在的一些分歧

有观点认为，物联网迅速普及的可能性有多大，尚难以轻言判定。毕竟 RFID 早已为市场所熟知，但拥有 RFID 业务的相关上市公司定期报告显示出业绩的高成长性尚未显现出来，所以，对物联网的普及速度存在着较大的分歧。具体来说，以下几个因素阻碍着我国物联网的发展。

1. 缺乏核心技术的自主知识产权

在物联网技术发展产品化的过程中，我国一直缺乏一些关键技术的掌握，所以产品档次上不去，价格下不来。缺乏 RFID 等关键技术的独立自主产权是限制中国物联网发展的关键因素之一。

2. 技术标准缺失

目前行业技术主要缺乏以下两个方面标准：接口的标准和数据模型的标准，

它们是硬件和信息模型的技术标准，非常关键。关于物联网的技术强度固然在增强，但是技术标准却还如镜中之月。正如同中国的 3G 标准一样，出于各方面的利益考虑，最后中国的 3G 有了三个不同的标准。物联网的技术标准最终怎样，需要等待产业进一步发展来制定，让时间告诉我们答案。

3. 产业链条不完善

和发达国家相比，国内物联网产业链在完善度上落后很多，存在着较大差距。虽然目前国内三大运营商和部分系统设备商都已是世界级水平，但是其他环节上还相对欠缺。物联网的产业发展必然需要芯片厂商、传感器制造企业、系统解决方案厂商、移动通信运营企业等上下游企业的通力配合，所以要在我国发展物联网，在体制方面需要不断地完善，如加强与广播电视、电子通信、交通等行业的合作，各方面联合起来，共同推动信息化、智能化交通系统的建立。迅速进行电子通信网，广播电视网，计算机互联网的三网融合工作。产业链的合作需要兼顾各方的利益，而在各方利益机制及商业模式尚未成型的背景下，物联网的广泛应用仍需要相当漫长的过程。

4. 行业协作阻碍大

物联网涉及到的应用领域十分广泛，许多行业的实际应用都具有很大的交叉性，但这些行业各自被不同的政府职能部门所管理，如果发展物联网这种以传感技术为基础的信息技术系统，在产业化过程中必须加强各行业管理部门的协调与交流，以开放的态度展开通力的合作，打破行业、地区、部门之间的阻隔，推动资源共享，加强体制优化改革，有效保护物联网产业的迅速发展。

5. 盈利模式不成熟

物联网系统可以分为感知、网络、应用三个层次，在每一个层面上，都将有多种选择去开拓市场。因此，在未来产业环境的建设过程中，经营模式异常关键。历史上任何一次信息产业的革命，出现一种新型且能成熟发展的商业盈利模式是必然的结果，可是此种结果至今还没有在物联网产业中显现，也未能出现其他产业统一引领物联网的发展潮流。目前物联网产业发展直接产生的经济效益主要集中在与物联网有关的电子元器件领域，如射频识别装置、传感器等。而庞大的数据传输给网络运营商带来的利润机会以及对产业链末端如物流及零售等行业所产生的影响还需要相当长时间的观察。

6. 使用成本比较高

物联网产业不仅需要将物与物连接起来，而且需要进行更好的控制管理。这一特点决定了其发展必将会随着经济发展和社会需求而催生出更多的应用。所以，在物联网传感技术推广的初期，很容易出现功能单一，价位高的问题。因为电子标签和读写设备贵，所以很难推广并形成大规模的应用。而由于没有大规模的

应用，电子标签和读写器的成本问题便始终没有达到人们的预期。成本高，就没有大规模的应用，而没有大规模的应用，成本高的问题就更难以解决，这是任何事物在发展初期都必然会遇到的悖论问题。如何突破初期的用户在成本方面的壁垒成了打开这一片市场的首要任务。所以在成本尚未降至能普及的前提下，物联网的发展显然将受到限制。

7. 安全问题突出

在物联网中，传感网的建设要求是RFID标签预先被广泛地嵌入任何与人息息相关的物品中。但是，人们在观念上还不是很能接受自己周围的生活物品甚至包括自己时刻都处于一种被监控的状态，因为直接嵌入标签势必会使个人的隐私权问题受到侵犯。如何确保标签物的拥有者个人隐私不受侵犯便成为射频识别技术以及物联网推广的关键问题。在未来，如果政府层面在此类标签上和国外的大型企业合作，如何确保企业的商业信息，确保国家、政府的机密等不会泄露也至关重要。所以说物联网的发展不仅仅是一个技术问题，更有可能涉及政治法律和国家安全问题。

8. 物联网面临的机遇

虽然，物联网技术在以上的几个方面存在着挑战，但可以肯定的是，在国家大力推动工业化与信息化两化融合的大背景下，物联网会是工业乃至更多行业信息化过程中，一个比较现实的突破口。国家工业主管部门也有专家认为，物联网是显著经济产业里增长潜力最大的一个，发展好物联网会大力推动现有的经济产业转型并提高等级，引导战略性新产业的进步，达到经济构成的战略等级的调节，导致社会产业和经济增长模式的变革。目前，RFID技术在多个领域多个行业已经进行了一些闭环的应用。在这些先行实践的案例中，有些物联网的梦想已经部分实现了。所以，物联网的雏形就像早期互联网的形态局域网一样，虽然发挥的作用有限，但昭示出的远大前景已经不容置疑。

1.1.5 物联网未来的一些发展方向

1. 物联网关键技术及未来发展前景展望

物联网产业链可以细分为标识、感知、处理和数据传输，每个环节的关键技术分别为RFID技术、传感设备、智能芯片和通信运营商的无线传输网络。

EPoSS(the European Technology Platform on Smart Systems Integration，欧洲智能系统集成技术平台)在*Internet of Things in 2020*的报告中分析预测，未来物联网的发展将经历四个阶段，2010年之前RFID被广泛应用于物流、零售和制药领域，2010—2015年物体互联，2015—2020年物体进入半智能化，2020年之后物体终端进入全智能化。RFID是物联网发展的排头兵，RFID技术是一项利用射频

信号通过空间耦合(交变磁场或电磁场)实现无接触信息传递并通过所传递的信息达到识别目的的技术,最简单的 RFID 系统由电子标签(Tag)、读写器(Reader)和天线(Antenna)三部分组成,在实际应用中还需要其他硬件和软件的支持。

2. MEMS 传感器市场前景广阔

MEMS(Micro-Electro-Mechanical Systems)是微机电系统的缩写,MEMS 技术建立在微米/纳米基础上,是对微米/纳米材料进行设计、加工、制造、测量和控制的技术,完整的 MEMS 是由微传感器、微执行器、信号处理和控制电路、通信接口和电源等部件组成的一体化的微型器件系统。

3. 智能终端备受期待

法国 Violet 公司推出了 Nabaztag 小兔子,通过 Wi-Fi 路由连接网络,可为主人提供所需的各类新闻等,能够讲五国语言,在主人接收到邮件或信息时,会发出语音提醒。此外它还能识读 Ztamps 标签上的信息,并实时联网,随时呈现动态信息。随着物联网的推进,家用电器的智能化将是未来发展趋势。

4. 电信设备商最受益于物联网

当下最大的投资机会在于电信设备商,物联网的商业建设尚处于萌芽阶段。电信运营商是物联网的积极推动者,物联网丰富电信网络的应用。就三家电信运营商而言,包含强势固网的全业务运营商中国电信和中国联通在行业用户的 ICT (Information and Communications Technology,信息通信技术)建设中一直处于领导地位,其全业务模式十分便于将通信网络与物联网相关信息管理的企业内网实现对接,完成对物联网的全程管控。当局域网出现的时候,和现在一样,有一种成为新兴产业浪潮的趋势,当时谁也没有想到它可以发展成为现在的互联网。而今,物联网像当时的局域网一样出现了,给我们带来了前所未有的发展前景,在有良好的发展机遇的同时,也带来了无限的挑战,时代总是在这样的情况下发展起来。当第一次产业革命出现,我们来到了蒸汽时代,随后,我们进入了电器时代,第三次产业革命,我们步入信息科技时代,人们都说工业革命是变革世界的引擎,会带来新的产物。

虽然物联网不是一次产业革命,但是它却有着与产业革命类似的效果,它的出现带来了许多新兴产业,将有一股强大的力量推动着人类前进的步伐,问题、机遇、挑战、前景,这样一系列的正反面问题的存在,将大大加速着社会的进步。物联网有利也有弊,相信物联网最终会像互联网一样,成为人们生活的一部分。

1.2 物联网的特点

物联网是由互联网发展而来的,其正常运转和发展离不开互联网。然而,物联网与互联网有较大的不同,从网络的角度来看,物联网具有以下几个特点(毛弘毅

和赵旭滨,2012;王雪茹,2014)。

(1) 互联网特征

互联网为物联网中的各个设备之间的通信提供网络基础,实现了物联网间的信息传递。物联网中存在着大量的传感器及其他设备,这个设备所收集的庞大信息均需要互联网来进行传输,物联网的重要特征就是"物品触网",通过对互联网各种协议的支持,来保证信息传输的可靠性。

(2) 识别与通信特征

物联网中,包含不同种类和功能的传感器,不同类型的传感器,收集到的信息格式也不相同,这些信息具有实时性,这就需要对所收集到的信息进行不断刷新。这些传感器将物理世界信息化,将分离的物理世界和信息世界高度地融合在一起。

(3) 智能化特征

物联网不是单纯地收集信息,而是根据信息对相关的设备实现智能化的自动控制。物联网以收集到的信息作为基础,对这些信息进行处理和计算,并利用各种关键技术,实现相关的操作和管理,进而满足不同用户的各种需求。物联网使得自动化的智能控制技术深入到生活中的各个领域。

1.3 物联网关键技术

物联网是新一代信息网络技术的高度集成和综合运用,根据物联网的信息传递规律,可以将它分为四层,即感知识别层、网络通信层、数据管理层以及应用服务层,如图 1.1 所示。

感知识别层位于物联网的最低层,负责数据的感知与采集,如各类温度、湿度等物理量、音频视频数据等。感知识别层主要涉及的技术有二维码、实时定位、RFID 以及传感器等,其中关键技术主要包括以下三个方面。

1. RFID 射频识别技术

RFID(射频识别)是一种无接触自动识别技术,它可以在不与特定目标之间建立机械或者光学接触的条件下,通过无线电信号识别特定目标并读写相关数据。除此之外,RFID 的特点还有穿透识别能力强,抗污染能力强,可以同时识别多个物体等特点,因此 RFID 技术在物联网信息识别和近程通信技术中扮演着重要的角色。目前 RFID 技术的应用有图书馆、门禁系统以及食品安全溯源等。

2. 传感器技术

虽然二维码、RFID 等技术可以被用来识别特定的物品,但是还需要传感器来采集物品或者环境的状态信息。传感器是一种检测装置,能感知到被测量的信息,并将该信息转换为电信号或者其他形式的信息输出。传感器处于物联网的神经末

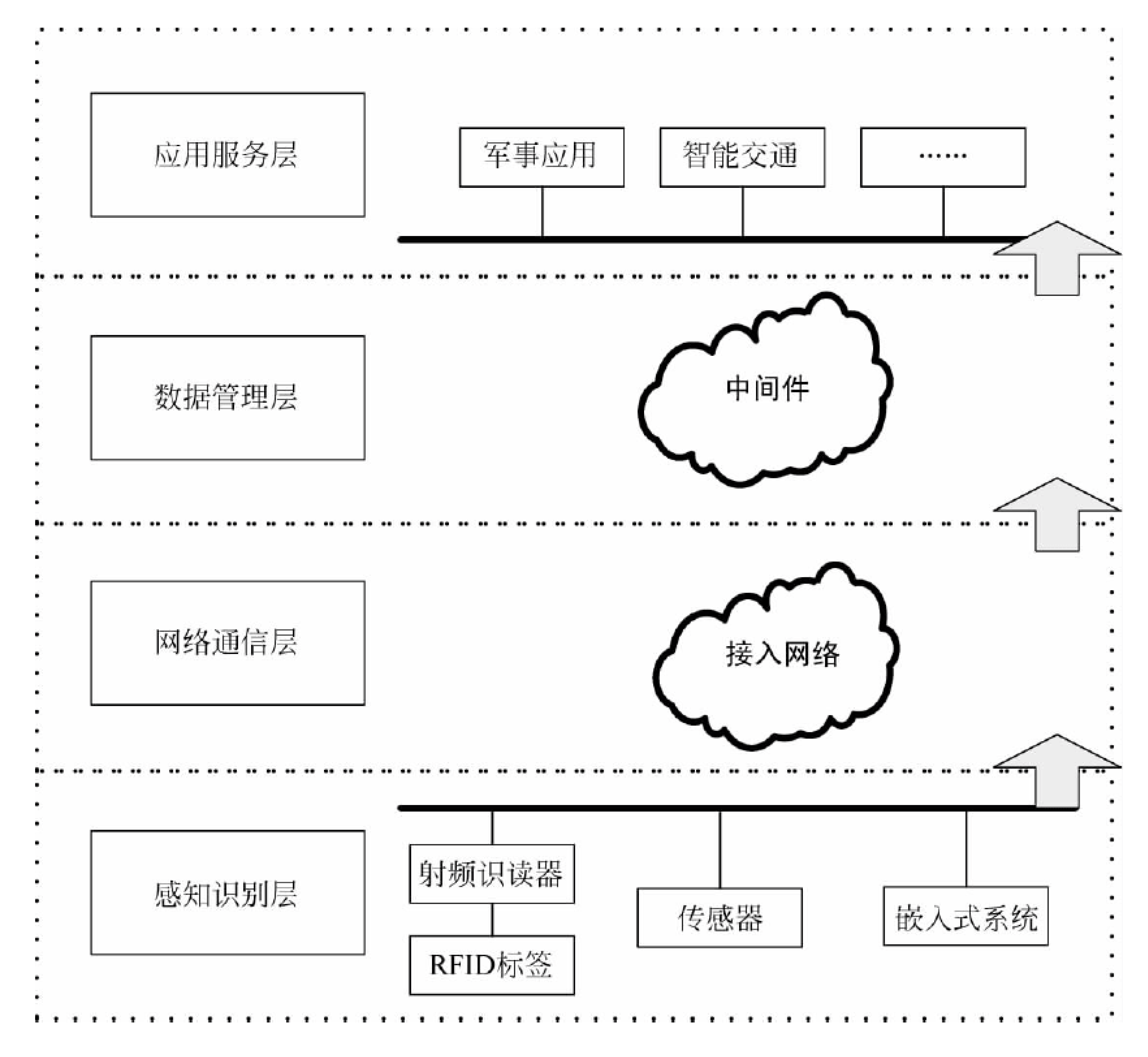


图 1.1 物联网四层模型

梢,是物联网感知物理世界的核心元件,物联网核心功能的发挥离不开各类传感器的大规模部署和应用。

3. 嵌入式系统技术

嵌入式系统技术是指通过在物体上加装芯片,然后将软件固化集成进去,使芯片系统与软件系统一体化,从而实现物体与外界之间具备的数据沟通功能。嵌入式技术是计算机硬件技术、传感器技术、集成电路技术以及电子应用技术的结合体,它的引入为物联网中的物体提供了一定的智能通信能力。如果把传感器比作人感知世界所用到的眼睛、鼻子等器官,那么嵌入式系统则相当于人的大脑。

网络通信层将传感器网络技术、移动通信技术和互联网技术融合起来,它主要负责高效、可靠以及安全地处理和传递信息。互联网和下一代互联网(IPv6 等技术)是物联网技术的核心网络,而处在核心网络边缘的无线通信网络主要提供网络接入服务。它们包括无线个域网(蓝牙、ZigBee 等通信协议,主要用作个人的电子设备互联以及工业控制等领域)、无线局域网(Wi-Fi 等,为一定区域内如家庭、学校、娱乐场所等的用户提供网络接入服务)、无线城域网(WiMAX 技术等,为城域范围内的用户提供数据传输服务)以及无线广域网(3G、4G 通信技术,在广阔的范

围内提供网络服务)等。

数据管理层依靠高性能计算以及海量存储技术,将来自底层的数据进行存储和组织,为上层应用服务提供支持。主要包括网络和数据管理中心,信息中心和智能处理中心等。由于物联网的规模很大,所以在数据管理层必须面对海量数据,此时必须考虑网络的带宽、服务器的存储以及处理能力。在物联网时代,最典型的应用就是云计算。云计算中的云指的是存在于互联网服务器集群上的软硬件资源,本地终端只需要发送一条请求信息,服务器端就会利用这些资源进行计算,并把结果返回给终端。所以,云计算强调的是弱化终端的功能,通过具有强大存储和计算能力的服务器为终端提供支持。

应用服务层是物联网和行业专业技术相结合的产物,实现了不同行业之间、不同系统之间的信息共享,具体应用如智能交通、智能医疗、智能家居等,这些行业将物联网技术引入进来,实现了行业智能化。

1.4　物联网发展的前景

1.4.1　物联网的发展态势

目前,对于绿色环保、低碳经济这一类问题已经成为全球关注的热点问题。近年来,海洋石油污染现象,以及我们身边随处可见的雾霾现象已经严重影响了人类的生存环境。因此,改变经济模式的问题已经迫在眉睫。随着技术的改革创新,物联网技术成为发展低碳经济的重要手段。当前物联网产业发展带来的经济效益在生产、销售和投资等环节都体现得十分明显,这是能够直接观测到的经济效益。然而物联网对于环境所产生的外部性难以直接通过货币的形式进行计量和估测,它所产生的影响在空间和时间上也难以进行十分具体有效的界定。但是这并不影响物联网对于低碳经济发展的有力支持,主要体现在以下几点:

(1) 信息获取扩大。物联网不仅降低了信息获取和传递的成本,扩大了信息获取的范围,使观测物质世界的手段和方式得到前所未有的提高。如对海洋生物、气候以及外层空间的信息获取与传递。

(2) 可以进行人力无法企及的远程控制,以及对人类社会活动进行智能管理。节省了设备等固定成本以及人员劳动成本的投入。智能化管理提高决策的及时性和准确性,达到节能减排的目的,避免资源浪费和损耗。例如,当前智能交通的应用,从而减少油耗和汽车尾气的排放量是低碳经济的推进与发展的重要体现(苏美文,2015)。

1.4.2 物联网发展前景分析

目前,物联网技术已经走入世界各国,并一致认为物联网技术可以帮助本国摆脱金融危机(侯彦丽,2015)。在发展中国家,物联网产业还不成熟,其高端技术方面存在着明显的劣势,因此也就在很大程度上限制了物联网的发展进程和脚步。中国现阶段物联网产业发展是重点关注技术突破,进行试点应用,仍未达到规模化应用。2010年,中国RFID的市场规模首次突破了100亿元;并且市场发展速度十分迅速,在2011年,RFID市场规模达到179.7亿元,2012年中国物联网产业市场规模达到了3650亿元(数据来源:《中国物联网发展报告》)。毫无疑问,物联网产业具有十分广阔的发展前景。目前已经在环境监测、企业管理、物流管理、智能城市等行业中形成了一定的技术优势,同时也带来了具有爆发性的利润增长空间。

根据当前中国物联网市场的发展态势来看,我国政府对物联网技术的发展给予了高度的重视。随着科技的不断进步,物联网技术的广泛应用在未来的科技行业上是一个巨大的革新举措,并且越来越多的国家都认识到了物联网的重要性。在物联网未来发展的过程中,物联网的标准体系将会伴随着物联网的自身发展需要、市场对物联网的需求、政策性引导等多方面因素的约束而出现标准的衍生与变化。这带来的是物联网核心竞争力与市场适应力的不断发展与提升。物联网的相关标准将会成为能够更加广泛接受的一种行业规定(甄珍,2015)。

在我国,物联网将更多的应用在生产生活的各个方面,从而推动经济的快速高效发展。在农业方面,农业物联网技术包括了智能农业和精细农业等。从生产到销售的整个环节,完整地构成了农业物联网的体系架构(尹国东,2015)。在工业生产方面,物联网与工业生产密切相关。在生产环节中实现通过网络系统对产品进行掌控,在线上进行物品的操控,降低了生产成本和费用,使工业生产进入高新科技的时代。

“互联网+”是知识社会创新2.0推动下的互联网发展的新业态,它是互联网形态的演进及其催生的经济社会发展新形态。它是如何利用互联网驱动信息社会发展的物联网新型表现方式,也就是充分发挥互联网在生产要素配置中的作用,将互联网的创新成果深度融合于经济社会各领域之中,提升实体经济的创新力和生产力,从而能够形成经济发展的新形态(朱洪波等,2015)。在当今“互联网+”的广泛应用时代,物联网驱动了“互联网+”产业的发展和转变,例如从智能制造到智慧服务的转变。物联网的智慧服务包括了智慧化生产制造的“智慧工厂”和信息消费的“智慧商店”两个部分。“互联网+”行动计划将带动新一代产业革命的发展,“互联网+”时代智能制造和智慧服务两个部分将共同发展前进,从而满足信息时代和信息社会发展新的重大需求。

总之，物联网将会成为社会经济快速发展的基础产业，当前我们国家的物联网发展状况良好，但是在不断发展的过程中，也受到了很大的挑战，存在着物联网的技术不够成熟、物联网发展规划不清晰等问题。解决好这些问题，才能使物联网在我国经济、社会等方面发展中提供更好的支持和辅助作用，更好地作用于当前社会经济的发展，并且促进和完善我国物联网的全局性、科技性布置，最终实现我国物联网的可持续与快速发展。

1.5 本章小结

物联网是继计算机、互联网和移动互联网以后的下一个信息产业发展潮流，它是一次新式的技术革命。以计算机互联网为基础进而提出物联网的概念，把网络的终端延长和扩大至所有物体之内，物联网是一种开展数据交互和联通的网络体系。

本章从物联网的起源与发展入手，回顾了物联网在不同阶段的不同发展历程，总结出物联网的特点，同时介绍物联网在发展历程中所涉及的关键技术，在此基础之上结合现阶段的物联网发展现状，面临的发展挑战和机遇，提出了物联网未来的发展前景。

物联网的产生使得经济有了大幅度的增长前景，同时也带来巨大的挑战。在工业革命产生以后，社会历经了蒸汽阶段、电气阶段、信息化阶段，现在又进入了互联网、物联网的阶段。

尽管互联网并非工业革命，可是它具备和工业革命相似的功能，在互联网出现以后涌现了很多新的产业，产生了巨大的动力促进社会的进步。事物都是两面性的，物联网的发展同样有利有弊，但是有一点可以肯定，物联网能够和互联网的发展轨迹相同，最终进入公众的生活，服务于民。

思考题

1. 试从自己的角度总结物联网的概念。
2. 列举一些物联网发展过程中的关键技术。
3. 简述物联网的一些基本的特点。
4. 结合当下物联网的发展现状，从自己的角度谈谈物联网未来的发展趋势。

第 2 篇

物联网技术

第2章

感知层技术

本章学习目标

- 了解常用的自动识别以及传感网技术。
- 了解基本的定位技术。
- 了解新型智能信息设备中包含的传感器情况。

2.1 自动识别技术及 RFID

2.1.1 条形码技术

随着计算机技术与信息技术的发展和应用,条形码技术应运而生。条形码是将宽度不等的多个黑条和空白,按照一定的编码规则排列,用以表达信息的标识符。条形码最早出现在 20 世纪 40 年代,到了 20 世纪 70 年代才实际应用并得到推广,经过几十年的发展之后,它已经渗入到各行各业,在自动识别技术中占有重要地位。当前常见的有条形码有一维条形码和二维条形码。

条形码是迄今为止最经济实用的自动识别技术。首先条形码大大加快了输入速度,它的输入速度是键盘的五倍,而且相比于键盘三百分之一的出错率,条形码的误码率低于百万分之一,提高了输入效率和准确性。同时,条形码易于制作,对设备材料以及识别技术要求不高,实用性非常强。

一维条形码是最传统的条形码,它将宽度不等的一组黑条和空白组合在一起来表达信息。所有的条形码结构相似,如图 2.1 所示。它们的两端都含有一段空白区域,叫作静区,在静区靠近内部是起始符和终止符,起始符和终止符中间的部分是数据区。有些码制需要在编码中加入校验符号,以确保正确译码。

为了读取条形码中的信息,需要扫描和译码两个过程。在扫描阶段,条形码扫



图 2.1　一维条形码通用结构

描器向条形码发射出光线，然后光线经过反射回到扫描器并由内部的光电转换器转换为电信号。由于条形码由黑白相间的条构成，对光的吸收和反射能力差别很大，所以光电转换器可以根据反射光的强弱产生不同的电信号，由于条的宽度不同，所以相似电信号持续时间也不同。电信号在经过放大电路增强之后，再由整形电路转换为数字信号。然后译码器根据数字信号中 0 和 1 的数目来确定条和空，再根据数字信号持续的时间来判断条和空的宽度。最后译码器利用编码规则解读出相应的数字、字符等信息，完成识别操作。图 2.2 为常见的条形码扫描器。



图 2.2　条形码扫描器①

一维条形码中常见的编码有 UPC 码、EAN 码、Code39 码、ITF25 码、库德巴(Codebar)码等，下面介绍一些常见的编码。

UPC 码(Universal Product Code)由美国超级市场 AdHoc 委员会于 1970 年制定，它是一种固定长度，连续的条码，而且是第一个大规模应用的条码，目前主要在美国和加拿大使用。UPC 码只可以用来表示 0～9 共 10 个数字，分为 A、B、C、D、E 五个版本，它们对应的应用领域如表 2.1 所示。

表 2.1　UPC 码五个版本的应用领域

版本	UPC-A	UPC-B	UPC-C	UPC-D	UPC-E
应用领域	通用商品	医药卫生	产业部门	仓库批发	商品短码

EAN(European Article Number)即欧洲商品编码。1973 年欧洲的英国、法国、联邦德国等 12 个国家的制造商和销售商建立了一套编码系统，并在 1977 年成立了国际商品条码协会，制定了 EAN 码。EAN 码参照 UPC 码，并与之兼容。

① 图片来源：http://baike.baidu.com/link?url=VuJ1a8VEiR7SAgQa6LCNjmv2_Fb6dcc-vJKx3nKSnevfCMKtqSRSaEFl_9i_OXPRf0t-G2mXswNcIigrCzll__。

EAN 码有标准版(EAN-13)和缩短版(EAN-8)两种。日常购买的商品上所印的条形码多是 EAN 码。EAN 码的特点有：

① 条形码长度固定,且只能存储数字。

② 含有左护线、中护线和右护线,用以分隔条形码。

③ 有一位检查码,防止读取资料错误。

④ 根据长度可以分为 EAN-8 和 EAN-13。

EAN-13 的实例和结构分别如图 2.3 和图 2.4 所示,它由 13 位数字构成,分为国家代码、厂商代码、产品代码以及校验码四个部分。国家代码由国际商品条码协会分配,占 3 位。厂商代码与产品代码占 9 位,可以分配给生产一万种商品的十万个厂商或者生产十万种商品的一万个厂商。校验码用来检查代码是否正确,由一定的数学算法计算得出。



图 2.3 商品包装上带有条形码

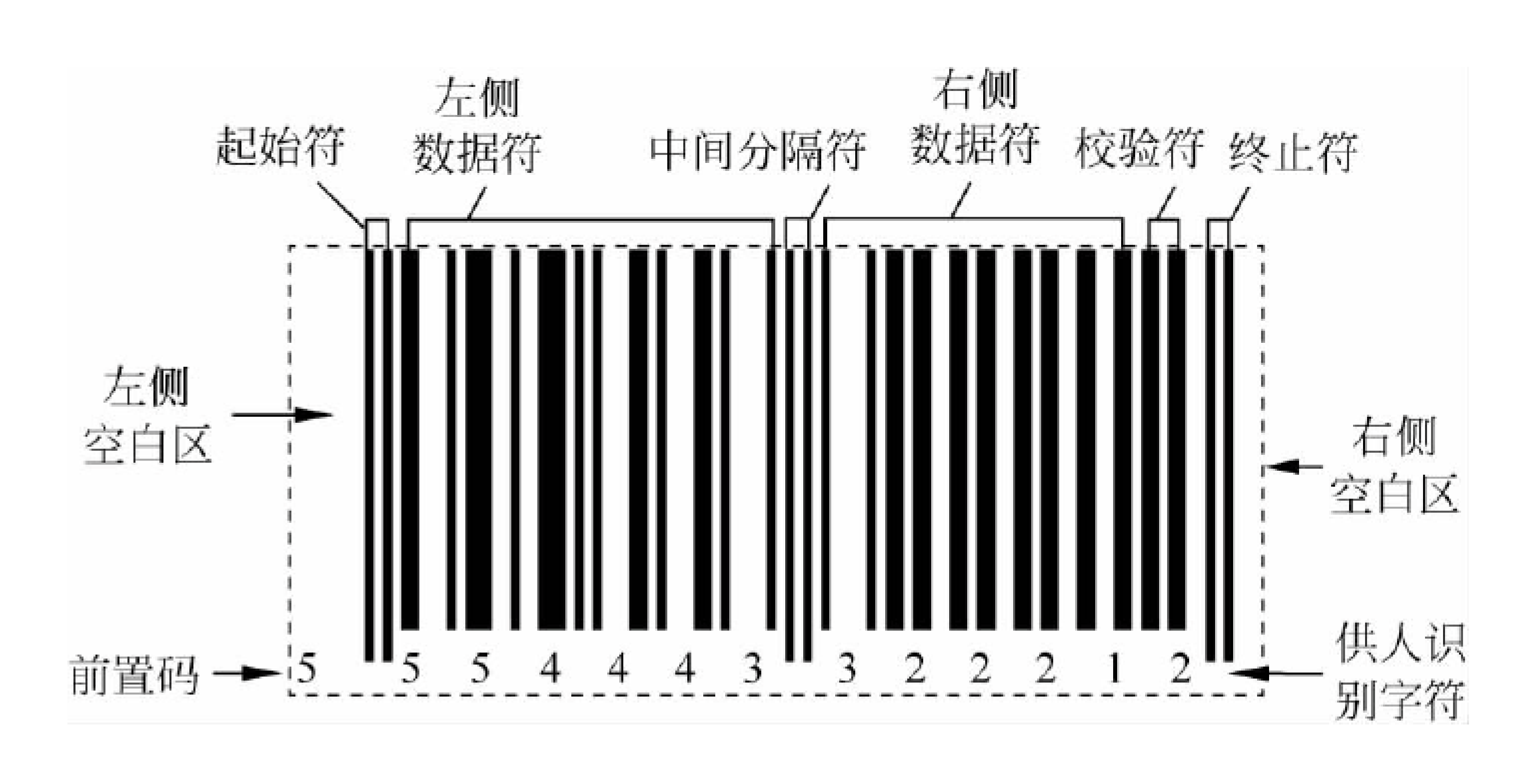


图 2.4 EAN-13 条形码结构

当商品包装太小不能使用 EAN-13 时,需要使用 EAN-8 码。EAN-8 码由 8 位数字构成,分为国家代码,产品代码和校验码。

Code 39 码。1974 年,戴维·阿利尔(Davide Allair)博士发明了 Code 39 码,

然后被美国国防部采用，作为军事领域的编码方法。Code 39 码是第一个字母、数字结合的条形码，后来被广泛应用于工业产品、商业资料以及图书馆等场所。Code 39 码的结构如图 2.5 所示，编码规则如下所示。

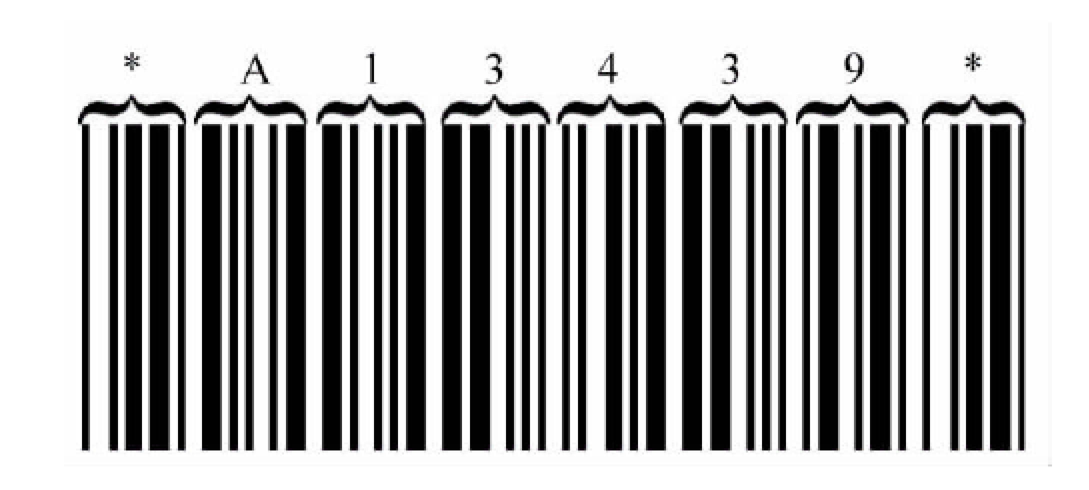


图 2.5 Code 39 码结构

① 起始码和终止码必须为 * 字符，中间可插入任意长度的字符，字符种类包括 0～9 的数字、大写 A～Z 的字母、空格符、「+」、「-」、「*」、「/」、「%」以及「$」等。

② 用五条线表示一个字符，粗的线条表示 1，窄的表示 0。五条线中间有四条间隙，宽的间隙表示 1，窄的表示 0。

③ 用来表示字符的 9 位二进制码中必有 3 位是 1，所以该编码被称为 Code 39 码。

Code 39 码支持设备广泛，目前几乎所有的条形码阅读设备都可以识别 Code 39 码。Code 39 码允许双向读取，由于它具有自我检查能力，所以检查码可有可无。因为 Code 39 码的长度没有限制，可以根据需要自由调整，所以一般占用的空间较大，所以在规划的时候需要考虑扫描器所容许的扫描范围。

ISBN(International Standard Book Number)，即国际标准书号。为了方便图书的出版、管理以及国际上出版物的交流与统计，国际标准化组织(ISO)于 1970 年制定了 ISBN 标准。在 2005 年 6 月，ISBN 第四版颁布，编码位数由 10 位增加到 13 位，新版本从 2007 年 1 月 1 日开始实行。ISBN 的使用范围有图书出版物、教育电视或电影、微机软件以及地图等。

10 位的 ISBN 由 4 组号码组成，分别是国家代码、出版社代码、书序码和校验码。国家代码的分配主要参考了文种、国别等，长度为 1～5 位，国家代码越长，剩下的可供分配的位数就越少，如表 2.2 所示。出版社代码由出版社所属的国家或地区分配，长度为 2～5 位，规模越大的出版社使用的代码越短。书序码由出版社确定，同一出版社出版的图书书序码长度相等。校验码固定为 1 位，根据前面的 9 位数字计算得出。新版本的 ISBN 由旧版 ISBN 前面加上 978(EAN 编码的图书产品代码)构成，长度为 13 位，结构如图 2.6 所示。



图 2.6　ISBN 结构

表 2.2　国家代码位数对出版物数量的影响①

国家代码位数	范　　围	可分配数量	出版量/万种
1	0～7	8	10 000
2	80～94	15	1000
3	950～997	48	100
4	9980～9989	10	10
5	99 900～99 999	100	1

一维条形码通过存储物品的标识提高了识别速度，但是由于只能在水平方向上存储信息，数据存储容量较低，不能对物品进行描述。为了提高信息密度，可以将一维码向二维上发展，也可以在二维平面上设计出新的条码结构，前者发展形成了堆叠式（层排式）二维码，后者产生了矩阵式二维码，如图 2.7 所示。

堆叠式（层排式）二维码又称为堆积式（行排式）二维码，通过将一维码高度变低，再堆叠成多行，即可形成堆叠式二维码。堆叠式二维码在编码、识读以及校验方式方面部分继承了一维码，但是因为行数的增加，需要对行进行辨别，造成解码和软件的设计有所不同。代表性的堆叠式二维码有 PDF417、Code 49 以及 Code 16K 等。

矩阵式二维码又称为棋盘式二维码，它是建立在计算机图像处理技术、组合编

① http://baike.baidu.com/link? url=P8CNlF1AbamwnUUqH3747dZreomerApoW3GH1XPoVzpT-bQfN5KWipweav5nAGFodD_ypTP_Q-zB5rLN4lqw57q。

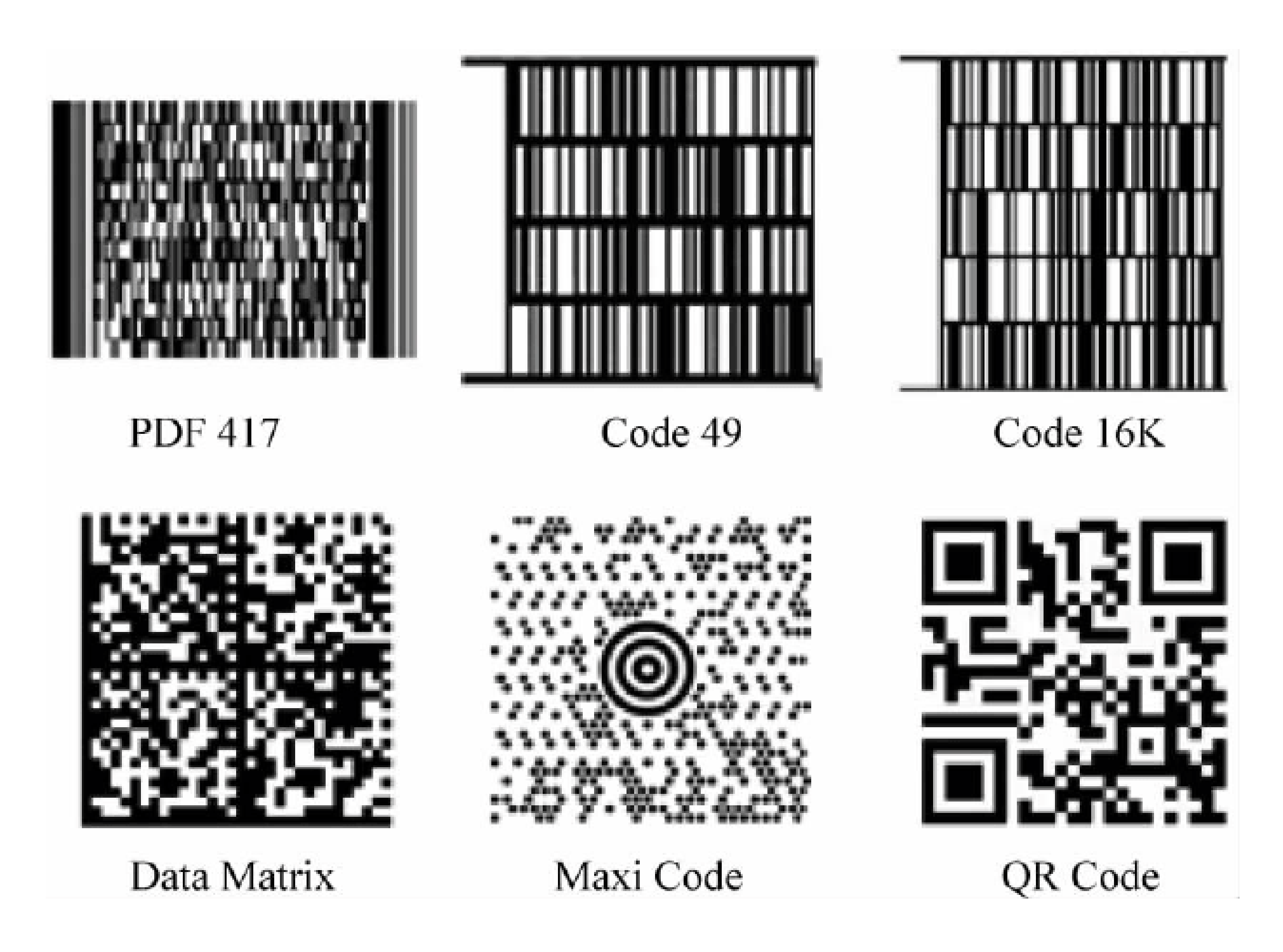


图 2.7 常见二维码

码原理等基础上的一种新型图形符号自动识别编码方式,已经超出了“条码”的范围。矩阵式二维码由一个矩形阵列构成,阵列的每一个位置表示一个二进制的0或1,所有元素的组合确定了条形码的含义。代表性的二维码有 Data Matrix、MaxiCode 以及 QR Code 等。

二维码具有如下几个特点:

(1) 表达能力强。二维码可以存储上千个字符,而且字符种类不仅可以是英文、数字以及符号,甚至可以是中文和空白。相比之下一维条码存储的字符种类有限,而且存储的数量一般超过30个。

(2) 容错能力强。二维码具有错误检测和纠正能力,它的误读率为六千万分之一,即使条形码被污染或破损程度达到50%,仍然可以解读出原始数据。

(3) 安全性能高。在二维码中加入了加密技术,安全性能大大提升。

(4) 形式多样。二维码不仅可以印刷成黑色的,还可以进行彩色印刷,在经过传真和影印后仍然可以使用。由于二维码具有纠错功能,所以可以使用图片覆盖条码的特定区域,从而制作出具有个性的二维码名片等,如图2.8所示中国新闻网微信公众号的二维码。



图 2.8 中国新闻网微信公众号

一维条码和二维码的对比见表2.3。

表2.3　一维条码和二维码对比

条　形　码	一维条码	二维码
数据密度	低	高
数据容量	小	大
误差检测功能	有	有
误差纠正功能	无	有
是否依赖网络、数据库	是	否
主要用途	物品标识	物品描述

2.1.2　RFID

射频识别(RFID)是一种无线通信技术,可以通过无线电信号识别特定目标并读写相关数据,而无需识别系统与特定目标之间建立机械或者光学接触。RFID技术和条形码技术有很多相似的地方。在条形码识别过程中,需要使用条形码扫描器扫描包含信息的条形码,而在RFID技术中,需要使用RFID读写器对RFID标签进行读写,而且它们都需要应用系统支持。

RFID产生于第二次世界大战中,之后迅速发展,按照时间大致可以分为以下几个阶段。

20世纪40年代,雷达的改进和应用催生了RFID技术。在第二次世界大战中,部分发达的参战国家都开始使用雷达来侦测靠近的飞行器,但是雷达不能区分出飞行器是敌方的还是己方的。德国人充分利用雷达发射的信号,在返回基地时将飞机拉高,从而改变反射信号的形状,达到分辨的目的。而英国人则发明了敌我识别器(IFF),在敌我识别器接收到雷达的信号之后,会自动向雷达发送特定的信号,进行身份验证。

20世纪50年代早期,RFID技术主要被应用到实验室中,在20世纪50年代后期IFF被应用到世界空中交通管制系统,Jack Kilby在1958年发明了集成电路,这为RFID的发展奠定了重要的基础。

20世纪60年代,RFID技术的理论得到了发展,开始了一些应用尝试,如商品电子防盗系统(EAS,Electronic Article Surveillance)。在该系统中,物品被贴上只含有1bit信息的电子标签,并在商店门口安装一个探测器,当顾客将未经处理的商品(标签)带离商店时,探测器会自动报警。

在20世纪70年代,RFID技术受到了学者、政府以及企业的重视,研究进度大大加快。在1975年Koelle、Steven和Freyman发表了Short-Range Radio Telemetry for Electronic Identification Using Modulated Backscatter一文,宣布被

动标签在特殊环境下的传输距离达到5米。

20世纪80年代，世界各国开始了RFID的积极应用，大量规模应用出现在各行各业。如美国把RFID应用在传输业和访问控制，欧洲将其应用在动物监控领域。

20世纪90年代，RFID技术逐渐成熟，进入了关键发展期。1991年，美国俄克拉荷马州(Oklahoma)建立了第一个不停车收费系统，利用安装在汽车上的电子标签和收费站的读写器，汽车在经过收费站时无需减速即可自动扣费，消除了交通拥堵。随着RFID应用范围的扩大，人们开始意识到建立统一的RFID技术标准的重要性，全球电子产品码协会(EPCglobal①)应运而生。EPCglobal由北美统一码协会(UCC)和欧洲商品编码协会(EAN)共同发起，专门负责RFID标准的建立和维护。

21世纪以来，RFID标准已经初步形成，RFID产品种类大大丰富，成本不断降低，规模应用发展迅速。

2003年11月4日，全球最大零售商沃尔玛宣布采用RFID技术对商品进行追踪，并要求前100家供应商在2005年1月之前向其配送中心发送货物时使用电子标签，小供应商也需要在2006年年底使用RFID技术。在沃尔玛将RFID技术应用于配送中心和零售商场后，商品库存管理效率提高了10%，配送中心和零售商场的商品平均库存量降低了10%，货物短缺率和产品脱销率降低了16%，商场(超市)补货效率加快63%，补货速度提高了3倍左右。

除了商业应用，美国政府还将RFID技术应用到国家安全领域，在2002年1月出台了“集装箱安全协议(CSI)”。为了落实CSI，华盛顿安全技术策略委员会还推出了智能保安贸易路线(Smart and Secure Trade Lines，SST)，以实现实时追踪功能。由于确保了货柜的安全通行，所以在到达美国之后，可以直接通关查验，减少了周转时间以及运输成本。在国内，RFID技术已经被应用于身份证和票证管理、铁路车号识别、公共交通、生产过程管理以及动物识别等众多领域。图2.9中为背上装有RFID标签的蜜蜂，研究者以此来找到蜜蜂种群数量变化的原因。

RFID系统由三个部分组成：电子标签、读写器和应用软件系统，如图2.10所示。电子标签由芯片、耦合元件以及天线构成，内部保存唯一的编码标识，附着在物体上标识目标对象。读写器又称为询问器(Interrogator)，用来从标签读取或者写入信息，并通过网络与应用系统通信，是RFID系统的控制和处理中心。而应用系统软件主要负责的是信息的存储与管理，以及对读写器进行控制。

① http://www.epcglobal.org.cn/col_Faq/Index.aspx#answer2_3。



图 2.9　背上装有 RFID 标签的蜜蜂[1]

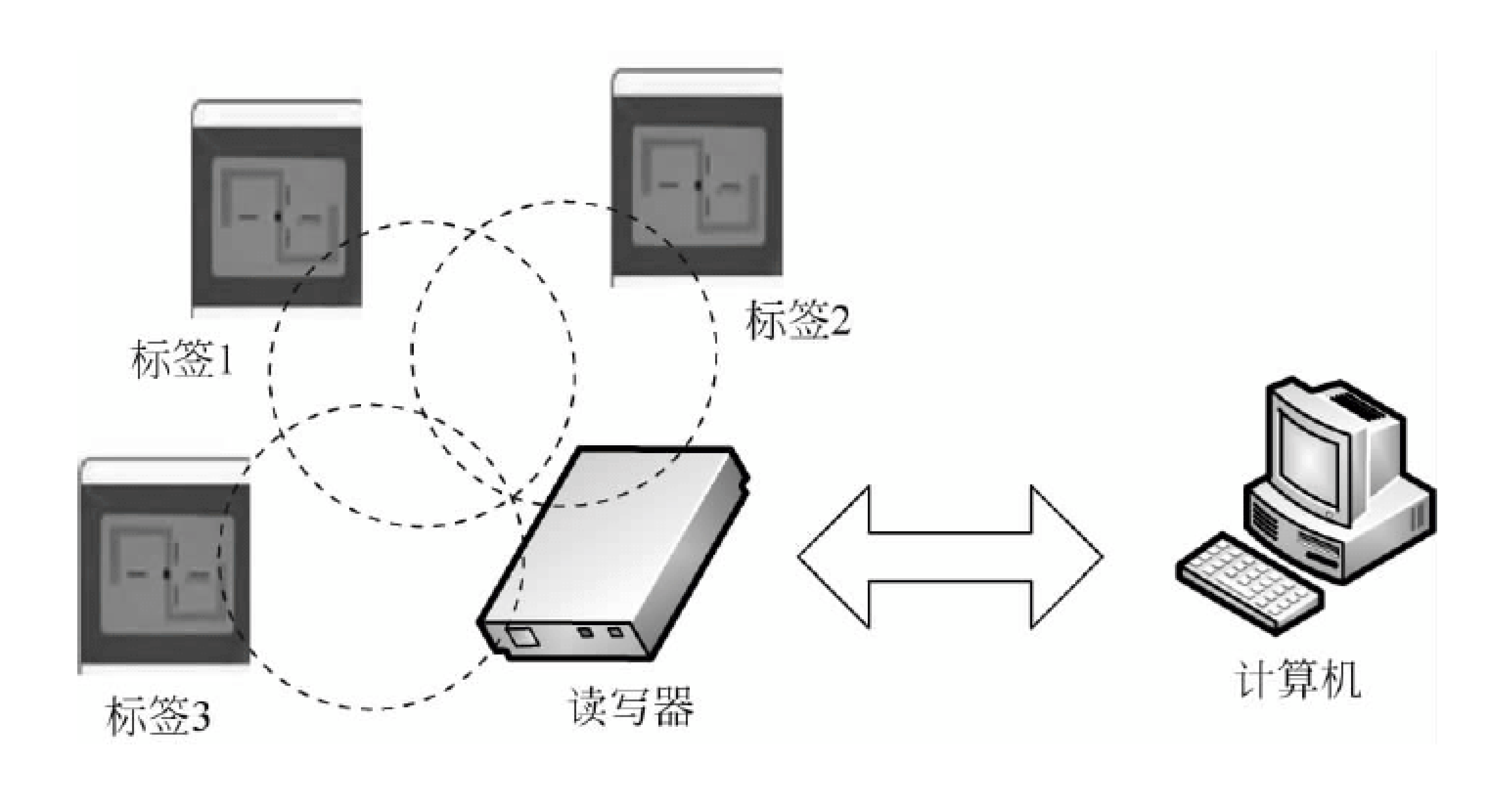


图 2.10　射频识别技术

标签的数据存储方式有电可擦可编程只读存储器(EEPROM)、铁电随机存取存储器(FRAM)和静态随机存取存储器(SRAM),不同存储方式的功耗以及写速度等有较大差异,可按需选取。根据标签是否自带电源可以分为被动式标签、主动式标签以及半主动式标签。

被动式标签也称为无源标签,自身不带电源,利用电磁感应的方法对读写器发射出的电磁波进行转化来提供能量。第一代被动式标签使用高频通信,因为通信距离的限制,主要用在非接触式付款以及访问控制中。第二代被动式标签使用超高频技术,通信距离提升到了 3～5 米,并且可以同时识别多个标签,因为这些特点,它被广泛应用于访问控制、货物监控以及工业自动化等领域。无源电子标签体积小、成本低且使用寿命长,是目前应用最为广泛的 RFID 标签。

主动式标签也称为有源标签,自身带有电源。因为电源可以提供较为充足的能量,所以主动式标签的通信距离较远,达到了几十米甚至上百米。但是由于标签自带电源,所以它的体积较大,而且电源以及相关的电路设计增加了主动式标签的

① 图片来源：http://jandan.net/2015/08/29/rfid-backpacks.html。

成本,使用寿命有限。

半主动式标签带有电源,但是电源并不是为标签和读写器之间的通信供电,而是为它内部的计算或者传感器服务。半主动式标签和被动式标签使用相同的方式与读写器通信。

与传统条形码识别技术相比,RFID 的优势主要体现在以下几个方面。

(1) 可分配数量大

由于长度限制,条形码的表示能力有限,通常只能给某一类物品使用相同的编码。RFID 可以表示的编码空间十分巨大,可以给每一件物品一个唯一的编号。

(2) 读取速度快

RFID 阅读器读取一个标签中的信息只需要 250ms,比条形码扫描器大大加快。除此之外,条形码扫描器一次只能扫描一个条形码,而 RFID 阅读器一次可以识别和读取多个处于运动状态电子标签。

(3) 体积小,易封装

受读取准确度的影响,条形码的大小以及形状较为单一,单位面积保存的数据量少。但是 RFID 标签利用内部的芯片保存数据,单位面积保存的数据大大增加,所以它的尺寸可以大大缩减,样式也更加多样。更小的尺寸使得 RFID 标签可以被方便地嵌入到各种产品中,更加灵活。

(4) 抗污染能力强

因为使用光学技术识别,所以条形码必须印刷在纸张表面,所能使用的保护措施有限,所以很容易受到磨损、污染。然而电子标签的数据保存在内部的芯片中,受到了很好的保护。

(5) 穿透性强

条码技术在识别时主要使用的是光电效应,其中的关键步骤是条码扫描器把条码反射回来的光信号转换为电信号,所以条码识别时扫描器距离条码要足够近,而且不能有物体遮挡光线。但是 RFID 使用无线电波,在识别时可以穿透纸张、木材以及塑料等非金属或非透明的材料,进行穿透性通信。当使用不同的功率以及频率时,RFID 读写器的通信距离可以从几厘米扩展到几十米。

(6) 存储容量大

一维条码可以存储几十个字符,二维条码可以存储上千个字符,RFID 标签可以存储百万级别的字符。随着存储技术的发展,RFID 标签可以存储的数据量将进一步加大。

(7) 安全性高

一维条码不能加密,二维条码只能进行简单的加密,但是 RFID 标签中的数据可以设置读写保护,因此具有更高的安全性。

(8) 数据可更新

与条形码不同,RFID 标签中的数据是可以更新的。条形码在被制造出来之后,所表达的数据也就被确定了,不能被改变。但是 RFID 中的数据可以使用读写器重新写入,从而表达新的信息,这一点在物流管理方面十分有用。

RFID 系统的基本工作原理为:读写器依照特定的频率发射无线电波,在一定范围内的标签接收该信号,并利用感应电流所获得的能量发送存储在芯片内的数据(无源标签),或者是标签主动发送特定频率的信号(有源标签);读写器接着按照次序接收标签发送的信息并解码,把处理结果送到应用系统进行解码。

读写器和标签之间的信号耦合可以采用电感耦合和电磁反向散射耦合两种方式。电感耦合依据电磁感应定律,利用空间高频交变磁场实现耦合。电感耦合一般用于低、中频的射频识别系统,识别距离较短,一般为 10～20cm。电磁反向散射耦合利用了电磁波的空间传输规律,当发射出的电磁波遇到目标并反射后,会带回目标信息。电磁耦合一般用于高频和微波识别系统,识别距离较远,一般为3～10m。

RFID 标签进行数据交换时所使用的频率称为 RFID 频率,它决定了工作原理、设备成本、通信距离以及应用领域。RFID 可以在不同频段进行工作,如低频(30～300kHz)、高频(3～30MHz)、超高频(300MHz～3GHz)和微波(2.45GHz)。不同频段的 RFID 系统对比如表 2.4 所示。

低频(Low Frequency,LF)的范围是 30～300kHz,RFID 在低频的典型工作频率有 125kHz 和 134kHz,通信距离一般小于 1m。低频标签一般都是无源标签,利用电感耦合从读写器耦合线圈的辐射场中获得能量。虽然低频的电磁场能量下降很快,但是可以产生均匀的读写区域,低频信号也可以穿过金属材料外的其他材料,同时识别距离不受影响。低频标签的优势还体现在廉价并节能的存储芯片,以及不受管制的工作频率。它的缺点主要在于存储的数据量较少,识别速度低、距离近以及相对昂贵的天线(天线匝数较多)。因此,低频 RFID 系统主要用于短距离识别以及成本较低的应用中,例如门禁和安全管理系统、自动停车收费系统以及畜牧业管理系统等。

高频(High Frequency,HF)的范围是 3～30MHz,RFID 在高频的典型工作频率为 13.56MHz,通信距离一般也小于 1m。高频标签一般也是无源标签,获得工作能量的方式和低频标签相同,但是高频标签的天线不再需要线圈,可以通过腐蚀印刷的方式制作。高频信号和低频信号有很多相同的地方,例如可以穿过金属以外的大多数材料(读取距离会降低),能够产生相对均匀的读写区域以及没有特殊的限制。除此之外,高频标签具有防碰撞特性,可以一次进行多个标签的读取。高频标签的数据传输速度比低频快,价格也相对便宜,而且可以方便被做成卡片状,

主要用在需要传输大量数据的应用中，例如图书管理系统、智能货架管理系统以及大型会议人员通道系统等。

在超高频（Ultra High Frequency，UHF）和微波范围工作的RFID系统一般统称为超高频RFID系统，超高频的范围是300MHz～3GHz，3GHz以上是微波，RFID在超高频的典型工作频率为433.92MHz、915MHz以及5.8GHz等。与低频和高频标签不同，超高频标签采用电磁耦合的方式工作，有源或者无源均可，一般通信距离为4～6m，最大时可以超过10m。超高频的信号的穿透能力较弱，难以穿过水、雾、灰尘等悬浮颗粒物，但是超高频阅读器具有很高的传输速度，可以快速读取大量标签。由于标签的主要目的是标识物品并完成非接触识别，所以超高频标签的数据存储量一般限制在2048bit以内。超高频RFID系统主要用在需要较快的读取速度以及较远的通信距离的应用中，如物流和供应管理、生产线自动化管理和移动车辆识别等。

表2.4　工作在不同频段的RFID系统对比

参　　数	低　　频	高　　频	超高频率
工作频率	30～300kHz	3～30MHz	300MHz以上
读取距离	小于1m	小于1m	10m
速度	慢	中等	快
工作方式	电感耦合	电感耦合	电磁耦合
环境影响	无影响	无影响	影响较大
主要应用	畜牧业管理、无钥匙开门	图书管理、智能货架管理	物流和供应管理、生产线自动化管理

在多个RFID标签被读写器激活并向读写器发送信号时，信号会发生叠加，从而导致读写器不能正确解析，这称为标签信号冲突问题（碰撞问题）。RFID冲突问题和计算机网络中的冲突类似，但是受到了标签计算能力和存储能力的限制，时分多路（TDMA）成了最常用的一种防冲突算法。TDMA在RFID系统中应用时，可以采用基于ALOHA机制或基于二进制树的方法。

尽管RFID的应用范围越来越广，给人们的生产和生活带来巨大的便利，但是国际上并没有形成统一的RFID标准。对标准的争夺催生了多个全球性的技术联盟和RFID标准，如EPCglobal、ISO/IEC、IP-X、AIMglobal、UID等，下面简要介绍几个比较重要的组织。

EPC① 即产品电子代码（Electronic Product Code），EPCglobal是国际物品编码协会EAN和美国统一代码委员会（UCC）的一个合资公司，它是一个非营利组

① http://baike.baidu.com/subview/155293/14621329.htm#viewPageContent。

织，主要负责 EPC 网络的全球化标准，来对供应链中的商品进行快速准确的自动识别。1999 年，Auto-ID 中心在麻省理工成立，2003 国际物品编码协会(EAN/UCC)接管了 EPC 在全球的推广工作，成立了 EPCglobal，将 Atuo-ID 中心更名为 Auto-ID 实验室，为 EPCglobal 提供技术支持。EPC 在北美地区(美国)的发展最好，在亚洲发展迅速。

国际电工委员会(International Electronical Commission，IEC)成立于 1906 年，是世界上成立最早的国际性电工标准化机构，负责有关电气工程和电子工程领域中的国际标准化工作。国际标准化组织(International Organization for Standardization，ISO)，成立于 1946 年，目的是与其他国际性组织合作研究标准化问题，协调世界范围内的标准化工作，制定国际标准。根据 1976 年 ISO 与 IEC 的协议，IEC 负责制订和修订电工与电子工程标准，信息技术标准化工作由 ISO 和 IEC 共同负责。ISO/IEC 在指定国际标准的过程中，能够充分考虑市场需求，与行业协会积极沟通合作，制定的国际标准能够获得广泛的支持，对行业技术和产品发展方向都产生了重要影响。

目前，RFID 在全球尚未形成统一的标准，美国主导 EPCglobal 走在世界前列，EPCglobal 也得到了欧洲的支持。而中国厂商主要支持日本提出的 UID 标准。

2.2 传感器和传感器网络

2.2.1 传感器

传感器(Sensor)是一种探测装置，它可以监测到待测目标的信息，接着将信号转换电信号等形式传输出去。我国国家标准《传感器通用术语》(GB/T 7665—2005)将其定义为：能感受被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置，通常由敏感元件和转换元件组成。而中国物联网校企联盟认为，“传感器的存在和发展，让物体有了触觉、味觉和嗅觉等感官，让物体慢慢变得活了起来。”

传感器自从 1861 年开始出现，在经过了几十年的发展之后，它在生活中的应用已经十分广泛，如在家庭中的全自动洗衣机、电熨斗、电视遥控器、光电鼠标以及体重秤，以及在一些宾馆、医院等办公场所的自动门、自动冲水装置等，如图 2.11 和图 2.12 所示。它们主要使用了浊度传感器、温度传感器、红外传感器、压力传感器等技术，可见传感器在人类的生产生活中已经占有相当重要的位置，为我们的生活带来了巨大的便利。





图 2.11　鼠标



图 2.12　体重秤

传感器的构成比较简单，主要包含敏感元件、转换元件、测量电路以及电源（有些传感器不需要），如图 2.13 所示。敏感元件是传感器的核心，它负责测量出压力、温度、声音等物理量，然后将其转换为特定的形式，作为转换元件的输入。转换元件主要是把由敏感元件传输过来的被测量转换成电信号，它的数量可以是多个，并且在某些传感器中可以和敏感元件结合。测量电路可以将转换元件输出的信号进行处理，如滤波和增强等，以便于后续处理。电源负责给转换元件和测量电路供电，有些传感器不需要电源，热敏元件可以利用被测量获得能量，如热电偶传感器和压电传感器。

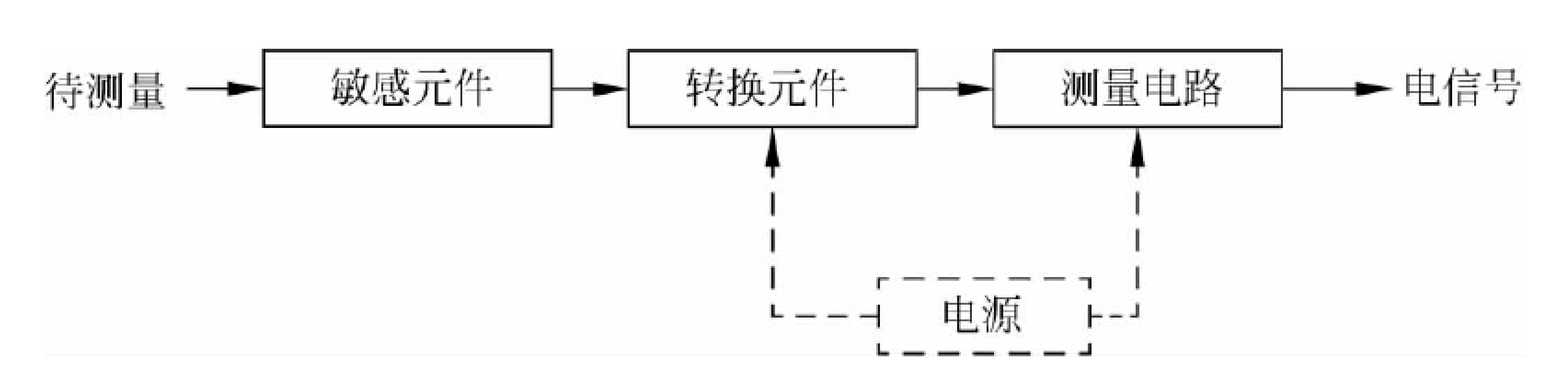


图 2.13　传感器的组成

2.2.2　无线传感器网络

在传统传感器中加入处理器和无线通信模块，就构成了无线传感器节点。无线传感器网络就是由部署在监测区域内大量的廉价微型传感器节点组成，通过无线通信方式形成的一个多跳的自组织的网络系统，其目的是协作地感知、采集和处理网络覆盖区域中被感知对象的信息，并发送给观察者。传感器技术和通信技术以及计算机技术构成了信息技术的三大支柱。

中国物联网校企联盟把无线传感器网络的发展分为三个阶段。第一阶段是传感器系统，最早可以追溯到越南战争，当时美军通过声响传感器、压力传感器等来探测敌人的运输队。第二阶段发生在 20 世纪 80 年代到 90 年代之间，这一时期传感器已经具备了计算能力和通信能力，美军进一步研发了分布式传感器网络系统

用来进行战场控制。从21世纪开始至今都是第三阶段，主要是改善网络的功耗和组织形式。

传感器网络系统通常由三个部分组成：传感器节点、汇聚节点和管理节点。传感器节点的主要任务是监测数据、简单处理以及传输数据。在大量传感器节点部署完成后，它们通过自组织的方式构成网络，监测相关数据并通过其他节点将数据逐跳传送到汇聚节点。在传输过程中，传感器节点可以对其他节点发送来的数据进行简单的处理再转发出去。汇聚节点主要负责连接传感器网络和外部网络，从传感器节点发送来的数据由它进行存储、处理以及转发，它也向传感器节点发布来自管理节点的监测任务。管理节点的任务主要是对整个无线传感器网络进行管理。无线传感器网络通信结构如图2.14所示。

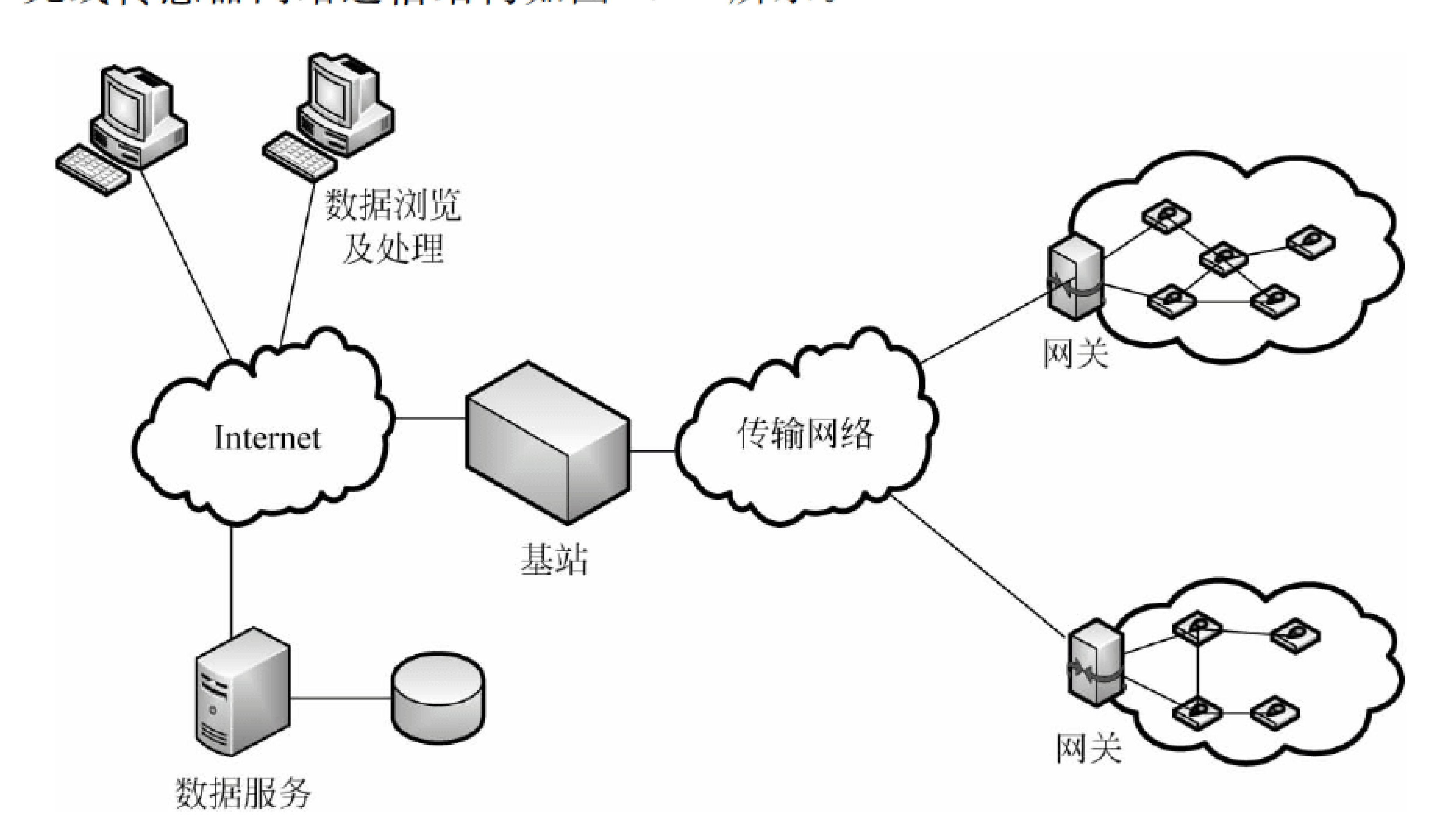


图2.14　无线传感器网络通信结构（石军锋，2005）

无线传感器网络具有大规模、自组织、动态性以及可靠性等特点。

（1）大规模

无线传感器网络的大规模主要体现在两个方面，一是传感器节点分布的地理位置广，二是传感器节点的部署密度大。增大传感器节点的分布区域意味着增大监测区域，可以从不同的角度获得信息。使用密集的部署方式，允许存在冗余节点，可以减少对单个传感器节点的精度和可靠性要求，同时更高的密度可以减少监测盲区。

（2）自组织

由于传感器节点在部署时不能精确指定绝对以及相对位置，传感器节点在使用过程中也可能因为环境或其他因素失效，以及后期可能会增加一些传感器节点到网络中，所以需要传感器节点具有自组织的能力，能够自动完成配置以及管理

任务。

（3）动态性

在节点部署成功之后，无线传感器网络的拓扑结构仍然可能发生改变。原因主要有环境因素导致传感器节点故障；传感器节点的电力耗尽；环境变化造成通信链路改变，新节点的加入等。这就要求无线传感器网络具有自适应变化的能力，可以动态构建系统。

（4）可靠性

无线传感器网络经常被应用在一些环境恶劣的地区，传感器节点可能受到自然或者人为的破坏，为了适应这些条件，传感器节点比较坚固、不易损坏。同时，为了保证传感器网络的保密性，传感器网络的软件和硬件设计具有鲁棒性和容错性。大量的冗余节点也保证了在部分节点失效的情况下，传感器网络也能正常工作。

无线传感器节点的软件结构主要由操作系统、硬件驱动程序、通信协议栈以及应用程序等部分组成。操作系统是软件结构的核心，主要负责两个方面，一是对节点的计算资源、存储资源以及能量资源进行管理，二是为无线传感器网络应用程序提供支持。

由于无线传感器节点一般需要大规模部署，所以单一节点的成本需要被控制得很低，而且传感器节点的尺寸比较小，这就意味着每个节点使用的处理器的计算能力比较弱，存储器的容量也比较小，无线通信装置的传输速率比较低，而且由于节点使用的电池体积比较小，能量供应受限。表 2.5 列出了九种常见传感器节点的硬件资源。除此之外，无线传感器节点的工作环境通常比较恶劣，人工维护难度大，传感器节点失效的可能性较高。无线传感器节点所面临的这些问题为操作系统的设计带来了挑战，具体的操作系统的设计需要满足如下几个要求。

① 操作系统要在本身占用较少的内存资源和计算资源的情况下，对内存资源进行高效的管理，特别是针对具有实时调度要求的无线传感器网络应用；

② 由于无线传感器节点自带的能量十分有限，人工回收维护难度大，所以操作系统需要具备能量管理的功能，以降低节点的能耗，使之工作更长时间；

③ 操作系统要保证无线传感器网络的可靠性，因为大多数无线传感器节点很可能部署在恶劣的环境中，节点可能因为各种原因失效，操作系统要能够针对这种情况保证无线传感器网络正常工作；

④ 操作系统要提供一种用户友好的应用程序开发环境，方便用户开发出多种多样的应用程序，在另一个方面，要考虑对节点的应用程序进行更新的情况，提供高效的无线重编程能力。

目前，投入使用的无线传感器网络操作系统有 TinyOS、Contiki、SOS、openWSN、maintisOS 等。这些操作系统有自己适用的领域，可以根据需要进行

选择。

表 2.5 常用传感器节点的硬件资源(柳星,2014)

传感器节点	处理器	存储器	外部存储器
Btnodes	Atmel ATmega 128L (8MHz @ 8MIPS)	64+180KB RAM	128KB FLASH,4KB EEPROM
Eyes	MSP430F149	60KB FLASH+2KB RAM	256B
EyesIFX v2	MSP430F1611	48KB FLASH+10KB RAM	8Mb
Imote	ARM core 12MHz	64KB SRAM	512KB FLASH
IMote2	Marvell PXA271 ARM 11-400MHz	32MB SRAM	32MB FLASH
Mica	ATmega 103 4MHz 8 位处理器	128+4KB RAM	512KB FLASH
Mica2	ATMEGA 128L	4KB RAM	128KB FLASH
MicaZ	ATMEGA 128	4KB RAM	128KB FLASH
SenseNode	MSP430F1611	10KB RAM	48KB FLASH
SunSPOT	ARM 920T	512KB RAM	4MB FLASH

与以太网协议栈的五层协议类似,无线传感器网络也采用五层协议,分为应用层、传输层、网络层、数据链路层和物理层,如图 2.15 所示。

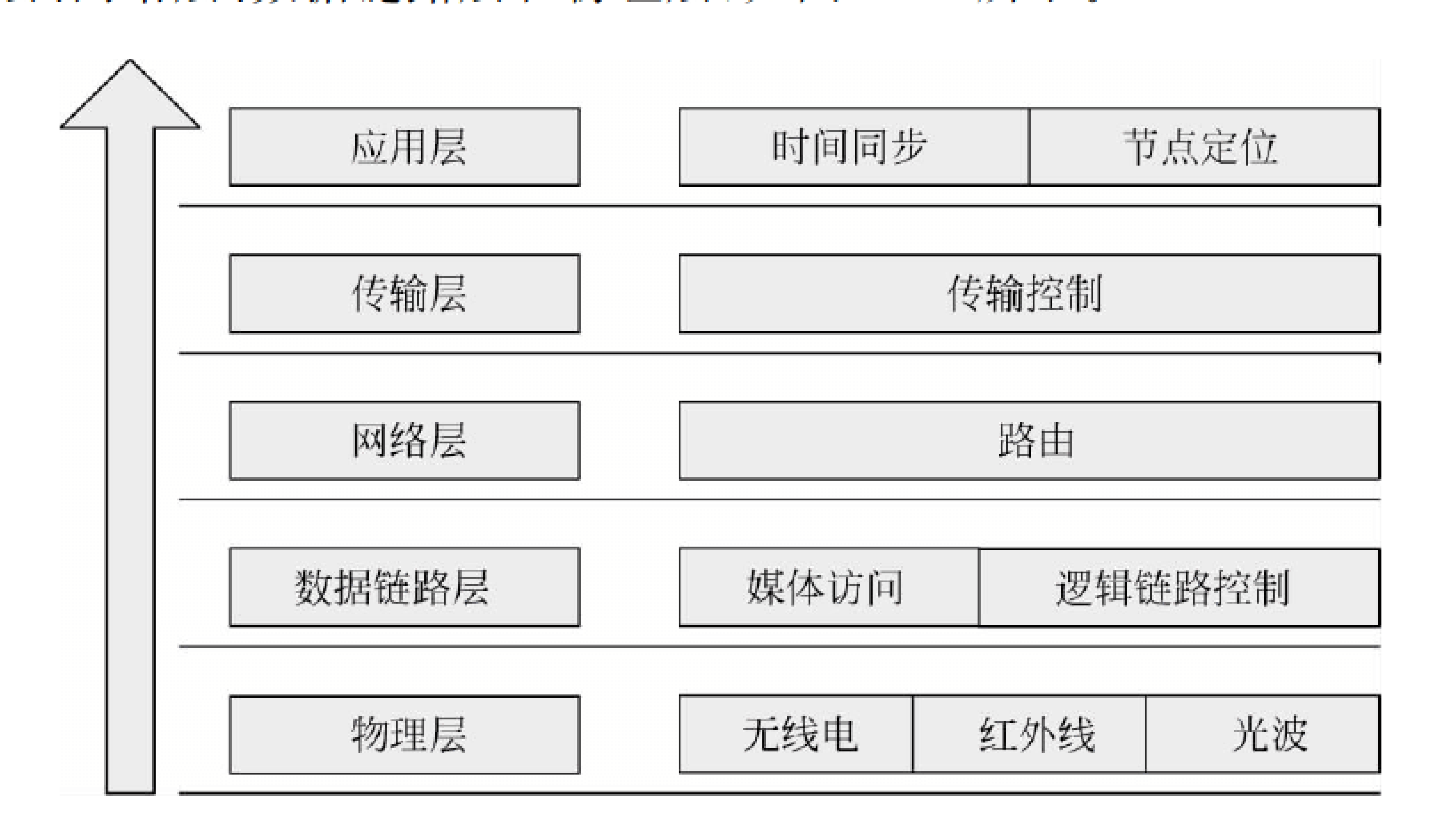


图 2.15 无线传感器网络协议栈(杨婧,2013)

① 物理层处于协议栈的底层,提供信号调制和数据的无线收发功能。物理层使用的信号传输介质可以是无线电,也可以是红外线和光波等。由于传感器节点能量有限,所以在物理层的研究热点是如何进行动态的功率管理,以及一些无线电通信的基本问题。

② 数据链路层主要由介质访问控制 MAC 组成,负责接入、控制以及在节点之间建立可靠的通信链路,具体任务包括数据封装成帧、错误控制以及媒体访问。传

统的基于竞争机制的 MAC 协议需要多次握手且数据冲突几率大，会造成大量的能量浪费，所以无线传感器网络中的 MAC 协议通常加入了提前规划的机制来减少冲突，从而达到节约能量的目的。

③ 网络层主要研究传感器节点之间的通信协议以及相关的网络技术。由于数据在无线传感器网络中采用多跳的方式进行传输，所以需要指定协议来负责路由生成和路由选择。高效的路由协议对于无线传感器网络的扩展性、可靠性以及能耗等性能指标至关重要，目前关于路由协议的研究十分活跃，主要集中在分析比较已有的通信协议，考量不同协议对无线传感器网络性能的影响，以及设计出以数据为中心的高效的通信协议。

④ 传输层负责数据流的传输控制，是保证通信服务质量的重要部分。无线传感器网络在通信安全方面先天不足，而且可能被应用在复杂多样的环境下，所以它的传输层的设计与传统网络相比有较大差异。目前的研究主要围绕着如何减少数据传输时出错的概率、如何选择传输路径以及如何提高资源利用率等方面。

⑤ 应用层主要包括众多执行监测任务的应用软件。传感器网络研究的初始阶段主要是为了军事目的，但是随着相关技术的发展以及传感器的普及，传感器网络也开始在其他领域得到广泛应用。

美国军方对传感器的研究最早，弗吉尼亚大学研制了用于军事监测的 VigilNet，这是最早进行实际部署的大规模传感器系统之一。除此之外，美国国防部高级研究计划局(DARPA)曾支持一个名为 Sensor IT 的项目，该项目的主要目标是利用无线传感器网络来实现“超视距”监测，即利用散布在战场中的传感器节点对坦克、人员等作战单位进行定位，并绘制其移动的轨迹。无线传感器网络在军事领域价值巨大，例如可以利用部署在特定位置的传感器监测己方和敌方作战单位的状况，实现准确指挥；在敌军行动路线上部署传感器网络可以了解敌军的动态；以及在核污染区域部署传感器网络来监测相关数据等。

环境监测是无线传感器网络应用的一个重要方面。随着社会及科学技术的发展，生态环境的保护受到越来越多的关注，同时，无线传感器网络也为环境监测提供了方便。通过使用传感器网络，人们可以同时对空气、土壤以及水源的成分进行细致的监测，也可以利用传感器监测到动植物的状态。例如，生物学家曾利用无线传感网络完成了对美国大鸭岛上海燕生活习性的监测。无线传感器网络在农业上的应用十分广泛。通过使用传感器，人们可以获得精确的空气及土壤湿度、CO_2 浓度、光照强度以及土壤养分等数据，图 2.16 展示了部署在田间的传感器，为精准的农业管理提供了可能。



图 2.16　部署在田间的传感器[①]

随着相关技术的发展，传感器在医疗监控领域的应用也越来越广泛。使用传统方法获得病人身体健康状况步骤烦琐且耗时长，在引入了传感器技术后，这一问题将大大改善。例如麻省理工学院研发了 eyeMITRA，在安装了这款应用之后，糖尿病病人可以通过手机自带的传感器了解到眼睛健康状况，如图 2.17 所示。而哈佛大学研发了一种可穿戴的传感器网络平台(Mercury)，利用 Mercury，病人的健康状况可以随时被记录下来，在合适的时机可以把检测到的数据发送到笔记本中，进而被传送到医院，作为医生诊断分析的工具。



图 2.17　eyeMITRA，移动视网膜成像和预测分析工具[②]

① 图片来源：http://mt.sohu.com/20160415/n444307470.shtml。

② 图片来源：http://www.ailite.com/show_news.aspx? NewsId=402。

2.3 定位系统

2.3.1 基于位置的服务

物联网的各种属性中，有一个重要的信息就是位置。位置服务已经成为越来越热的一门技术，也将成为以后诸如智能手机、平板电脑等移动设备的标配。缺少了位置，物联网的应用是静止的，没有价值的。顾名思义，位置服务就是采取定位技术，智能化地确定物体的当前地理位置，同时利用移动通信技术和地理信息系统，向物联网中的其他智能物体提供与其位置相关的信息服务。随着科学技术的不断进步，特别是智能手机的不断普及，移动互联网技术方兴未艾，快速推动了基于位置的服务的发展。

苹果公司就提出了两种找到丢失的 iPhone 的方法，只需要一部手机或者是一台计算机就可以完成。如果你有一部手机，首先打开软件"查找我的 iPhone"，如图 2.18 所示，然后在登录界面输入 Apple ID 和密码后登录"查找我的 iPhone"软件，通过控制 iPhone 的使用来达到保护资料、隐私的目的，甚至能够找回 iPhone。



图 2.18 "查找我的 iPhone"登录界面

如果你有一台计算机，那么就可以利用网页登录 iCloud 来查找 iPhone。首先用计算机打开 iCloud 官网并用 Apple ID 登录 iCloud 账户，登录成功后可以看

到 iCloud 界面中左下角有个“查找我的 iPhone”的图标，单击打开该图标并再次输入 Apple ID 密码以使用“查找我的 iPhone”功能，然后在登录成功后在界面顶部选择好 iPhone 设备，但只有在定位打开的情况下才能看到你的 iPhone 在哪里。

查找丢失的手机其背后的原理很简单，即确定手机的位置，提供查找手机的服务。利用移动运营商提供的 GSM 网、CDMA 网、3G/4G 网或者无线网络，以及全球定位系统来获取移动数字终端设备的位置信息，是当今社会最快速、最便捷的应用之一，如图 2.19 所示。

显然，科技的进步最直接的体现就是对生活质量的不断改善。告别了依赖纸质地图研究路线的时代，如今所有的一切，只需要连上网，在手机、平板电脑等移动终端上输入人们想要知道的内容，通过搜索引擎一搜就知道了。开车的时候可以使用 GPS 定位自动导航，连入网络的计算机或者手机能够自动根据个人的需求算出最优的路线，并且提供到达目的地的具体时间。朋友聚会的时候，手机也可以自动根据位置信息找到附近的餐馆，甚至可以电子定位，提前排号，预览电子菜单。

那么，既然位置的信息如此重要，获取位置信息就成为了物联网时代的研究问题。几十年来，人们在定位技术领域做出了大量的研究，使得定位技术变得越来越简单，更加贴合人们的日常生活。到底什么是定位系统？现实生活中有哪些成熟的定位系统？定位系统又使用了怎样的原理？本章将一一解答这些问题，探索奇妙的定位科学。

2.3.2 定位系统简介

2.3.2.1 GPS 卫星定位系统

定位系统一般指 GPS(Global Positioning System)全球定位系统，由覆盖全球的 24 颗卫星组成的一个卫星系统，是以确定空间位置为目标而构成的相互关联的一个集合体或装置部件。简单地说，这是一个由覆盖全球的 24 颗卫星组成的卫星系统。这个系统可以保证在任意时刻，地球上任意一点可以同时观测到 4 颗卫星，以保证卫星可以采集到该观测点的经纬度和高度，以便为陆、海、空三大领域提供实时、全天候和全球性的导航服务。这项技术可以用来引导飞机、船舶、车辆以及个人，安全、准确地沿着选定的路线，准时到达目的地并用于情报收集、核爆监测和应急通信等一些军事目的，是美国独霸全球战略的重要组成。经过 20 余年的研究实验，耗资 300 亿美元，到 1994 年 3 月，全球覆盖率高达 98% 的 24 颗 GPS 卫星星座已经布设完成。

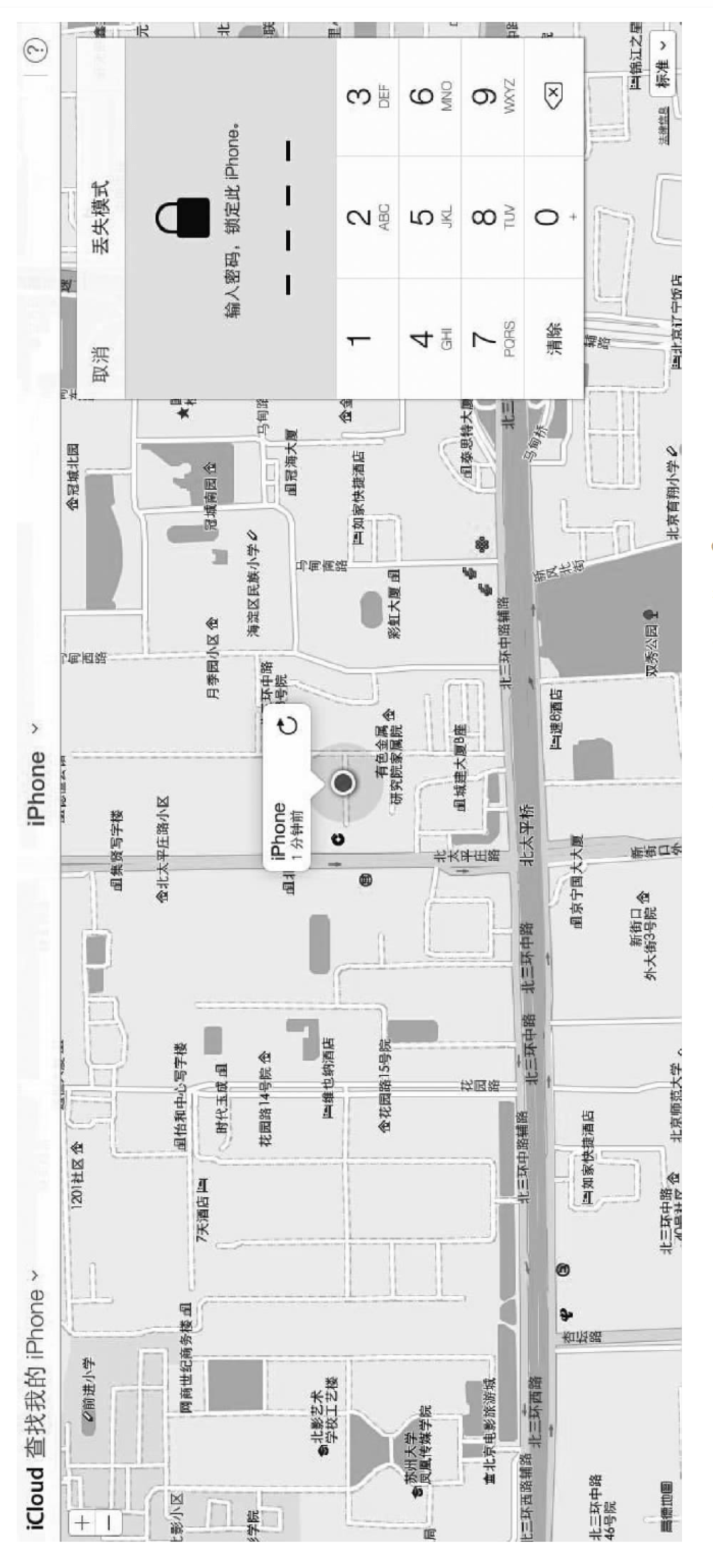


图 2.19 通过网页定位 iPhone 的位置信息①

① 图片来源：百度图片。

1. GPS 系统的起源与发展

全球定位系统于 1973 年 11 月在美国国防部诞生，由美国陆海空三军联合研制，最初是为军方提供精确定位而建立的，至今仍然由美国军方掌握控制权。其运用的数学原理非常简单，空间中的任意三个点可以确定一个平面，而假如在平面上还有一个点，并且位置是未知的，但知道它与另外三个点的位置关系，那么这个未知点的平面坐标就可以很容易地求出。但如果是在空间直角坐标系中，就需要知道它与四个点的位置关系才可确定其具体位置坐标。

美国从 20 世纪 70 年代开始研制全球定位系统，耗费了大量的人力、物力、财力，历时 20 年，耗资 200 亿美元，于 1994 年全面建成。整个定位系统由 21 颗工作卫星和 3 颗备用卫星组成，6 个轨道平面的每个平面上分布 4 颗卫星，这样配置的目的是使同时出现在地平线以上的卫星数目可以随着时间和地点的不同而不同，最少的时候为 4 颗卫星，最多的时候可达 11 颗卫星。

最初 GPS 系统被设计为军用，GPS 军用产品主要用在以下几个方面：确定并跟踪在野外的士兵和装备，为军舰及军用飞机导航，提供位置信息和导航信息。毫无疑问，GPS 技术在陆、海、空军导航、定点轰炸以及舰载导弹制导等方面应用广泛。尤其在 1991 年的海湾战争中，美军的导弹在 GPS 系统的导航下准确地击中远程目标，给全世界留下了深刻的印象。从那个时候起，GPS 技术引起了人们的关注。

1983 年，时任美国总统的里根做出了重要指示，当 GPS 系统的研究逐渐成熟之后，将对民间开放，允许民用工业使用 GPS 技术。但是在允许民用的最初一段时间里，GPS 系统的精度仍然有诸多的限制，供民用的信号质量被故意降低（精度约 300 米），其相比于军用上高质量的信号（精度达到 20 米）来说有很大的差距。2000 年 5 月，美国总统克林顿取消了 GPS 在民用上的限制，使得民用 GPS 信号终于可以达到 20 米的精度，极大地拓展了 GPS 的应用，它所蕴藏的巨大商机也被不断挖掘出来。尤其在欧美等发达国家，GPS 产业每年创造效益达数百亿美元。

2. GPS 系统与其他定位系统比较

GPS 技术在军事及民用方面的应用成果显著，为了避免在军事领域受制于人，很多国家都陆续开始了卫星定位导航系统的研究和部署。除了美国的 GPS 系统之外，其他三大定位系统分别是俄罗斯“格洛纳斯”（GLONASS）系统，欧洲“伽利略”（GALILEO）系统以及中国的“北斗”系统。四大定位系统的比较见表 2.6 和表 2.7 所示。

表 2.6　全球四大定位系统的参数比较(以下参数均为民用等级)

比较项目	卫星数量	轨道高度	位置精度	速度精度	覆盖范围
GPS(美国)	24 颗以上	20200km	6m	0.1m/s	全球全天候
伽利略(欧盟)	30 颗以上	24126km	1m	0.1m/s	全球
GLONASS(俄罗斯)	24 颗以上	19100km	12m	0.1m/s	全球
北斗系统(中国)	30 颗以上	21500km	10m	0.2m/s	覆盖我国本土及周边国家

注：轨道高度是指卫星运行的轨道离地面高度，高度越高代表卫星覆盖的地球表面的面积越大，覆盖面越广。

表 2.7　全球四大定位系统定位方式比较

比较项目	系统定位方式
GPS(美国)	如图 2.20 所示，呈现单向式，独立式。终端自己解码与定位，即卫星发送报文，终端只负责接收，然后由终端自己解码算出所处的位置
伽利略(欧盟)	
GLONASS(俄罗斯)	
北斗系统(中国)	双向通信，通过发送定位请求到地面基站，由基站沟通卫星解码定位，并且发送结果到终端上，并且每个终端可以交互位置信息

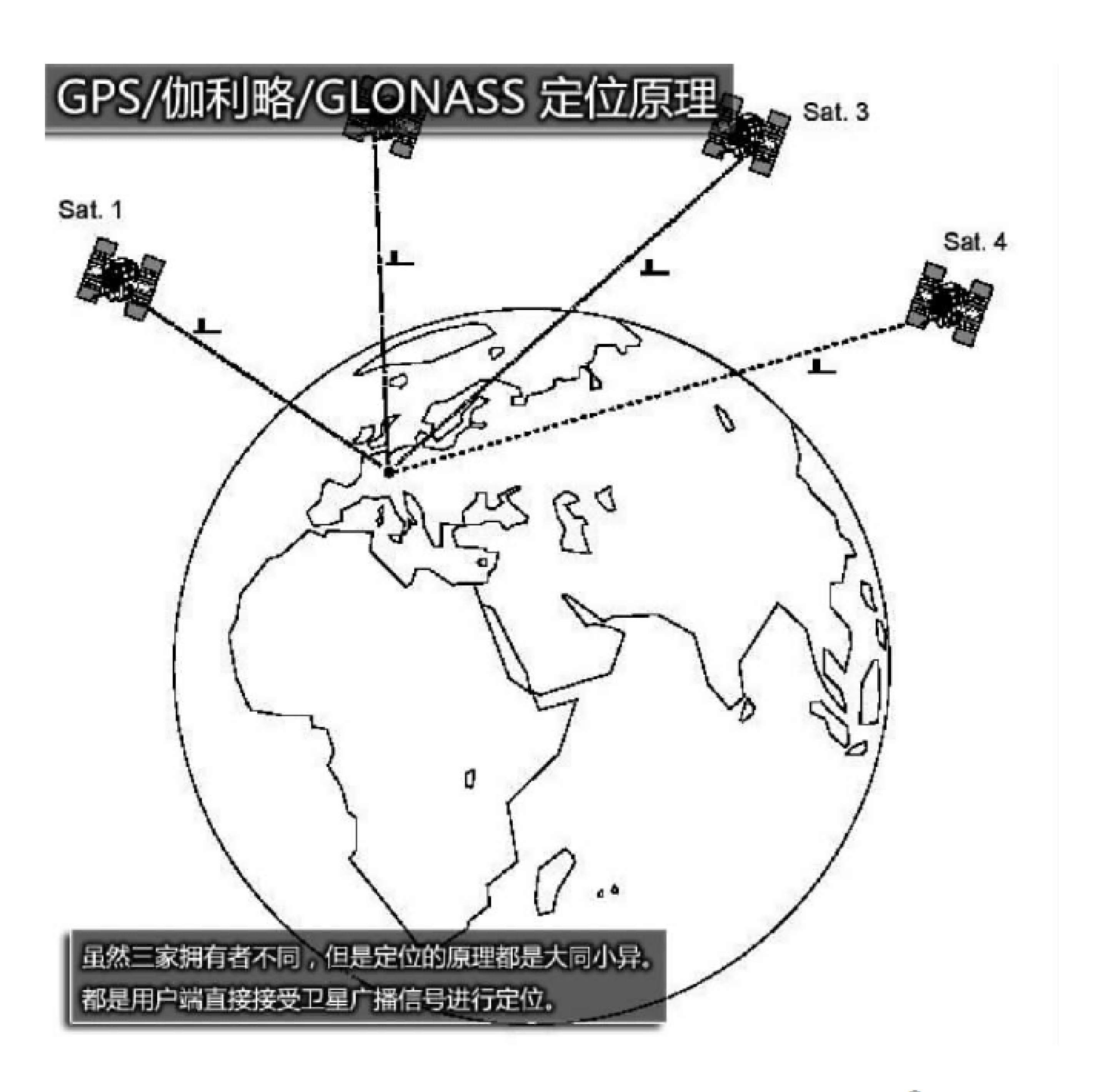


图 2.20　GPS/伽利略/GLONASS 定位原理[①]

① 图片来源：http://www.360doc.com/content/13/0812/15/12061219_306628641.shtml。

图 2.20 所示的定位方式非常方便，即使在海洋或是沙漠，无论身处地球的哪个位置，只要不是在天空被覆盖的地方，就能够定位。但此种定位方式也有一定的局限性，在分享自己位置的时候，需要通过其他的途径，比如 Wi-Fi、GPRS 等。

北斗卫星导航系统的定位方式则不同，如图 2.21 所示，其定位原理是通过终端发送定位请求到地面的服务基站，再由基站通过卫星，计算终端到地球地心的距离以及卫星到终端的距离，最后解码算出坐标之后发送给终端。虽然北斗系统的定位方式比较复杂，但是北斗系统短距离与基站的通信方式，能够保证较好的定位效果，例如在桥底、隧道还能够继续定位。

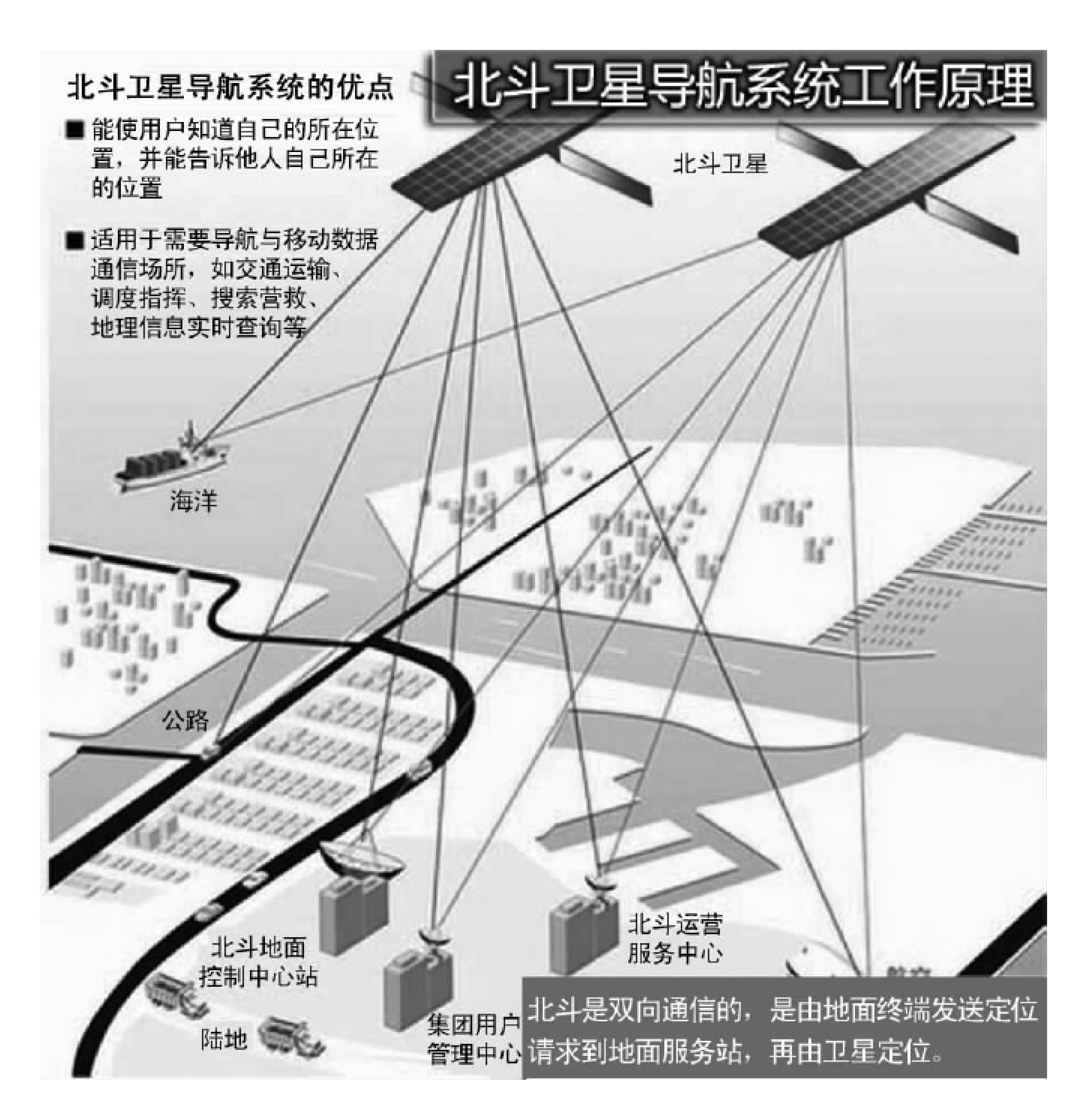


图 2.21 北斗卫星定位原理①

3. GPS 系统的组成

全球定位系统由空间部分、地面监控部分和用户接收部分三大部分组成。

空间部分：全球定位系统的空间部分由 24 颗工作卫星组成，它位于距地表 20～200km 的上空，均匀分布在 6 个轨道面上，每个轨道面 4 颗，轨道倾角为 55°。GPS 卫星可以产生两组电码，分别是 C/A 码（Coarse/Acquisition Code 11023MHz）和 P 码（Procise Code 10123MHz）。美国军方主要使用的是 P 码，因

① 图片来源：http://www.360doc.com/content/13/0812/15/12061219_306628641.shtml。

为它频率较高，不易受干扰，定位精度高，并且设有密码，而 C/A 码主要开放给民间使用。GPS 卫星的布局能够保证不论在任何地方，不论任何时间，都至少有 4 颗以上的卫星在视野之内，使得在时间上连续的导航能力成为现实。

地面监控部分：由一个主控站，5 个全球监测站和 3 个地面控制站组成，主控站位于美国科罗拉多州的空军基地，对地面监控部实行全面控制。监控站设有 GPS 用户接收机、原子钟、收集当地气象数据的传感器和进行数据初步处理的计算机。监控站的主要任务是取得卫星观测数据（包括电离层和气象数据），并将这些数据经过初步处理后传送至主控站。主控站从各监测站收集跟踪的数据，之后计算出卫星的轨道和时钟参数，将结果送到 3 个地面控制站。地面控制站的任务是在每颗卫星运行至上空时，把这些导航数据及主控站指令注入到各个卫星上。

用户接收部分：用户端只有具备一个 GPS 信号接收机才能使用 GPS 系统。GPS 信号接收机的主要功能是捕获到按一定卫星截止高度角所选择的待测卫星，并跟踪这些卫星的运行。当接收机捕获到跟踪的卫星信号后，测量接收天线到卫星的伪距离和距离的变化率，就可以解调出卫星轨道参数等数据，进而计算出用户所在地理位置的经纬度、高度、速度、时间等信息。GPS 信号接收机主要包括天线单元和接收单元两部分，机内和机外包含两种直流电源进行供电，其目的在于更换电源时能够不中断连续观测。即使在 GPS 信号接收机关机后，机内电池还能继续为 RAM 存储器供电，以防止数据的丢失。根据使用目的的不同，GPS 信号接收机也各不相同，目前各种类型的 GPS 信号接收机向着既小又轻的方向发展，随着卫星导航接收机的集成微型化，各种融通信、计算机、GPS 为一体的个人信息终端不断出现，卫星导航技术不断地走向大众，成为继通信、互联网之后的信息产业第三个新的增长点和国家综合国力的重要组成部分。

4. 全球定位系统的特点

全球定位系统具有全球全天候定位、定位精度高、观测时间短、观测站间不需要通视、仪器操作简便等特点。

全球全天候定位。GPS 定位系统能够不受天气的影响为用户提供连续的导航服务。GPS 卫星的数目较多，且分布均匀，保证了在地球上任何地方任何时间至少可以同时观测到 4 颗 GPS 卫星，实现了全球全天候连续的导航定位服务。

定位精度高。应用实践已经证明，GPS 相对定位精度高、误差小。例如，在 300～1500 米的工程精密定位，1 小时以上的观测时间中，其平面位置误差小于 1 毫米。单机定位精度优于 10 米，采用差分定位，精度可达厘米级和毫米级。

观测时间短。随着 GPS 系统不断完善、软件不断更新，20 千米以内的相对静态定位仅需 15～20 分钟。快速静态相对定位测量时，当每个流动站与基准站相距在 15 千米以内时，流动站观测时间只需 1～2 分钟；在实时动态定位时，每站观测

仅需几秒钟。使用 GPS 技术建立控制网时，可以大大提高作业效率。

测站间不需要通视。GPS 测量只要求测站上空开阔，不要求测站之间互相通视。因此不仅可以大大减少测量工作的经费和时间，也能够灵活进行选点。

仪器操作简便。随着 GPS 接收机的不断改进，GPS 测量的自动化程度越来越高，因此操作越来越方便简单。在观测的过程中，测量员的工作只是安置仪器，监视仪器的工作状态，而其他的观测工作，如卫星的捕获、跟踪观测和记录等均由仪器自动完成。随着接收机的体积越来越小，重量越来越轻，极大地减轻了工作人员的负担，在野外结束测量时，仅需关闭电源，收好接收机，便完成了野外数据采集任务。

5. GPS 技术的应用

按定位的方式不同，GPS 全球定位系统定位分为单点定位和相对定位(差分定位)。

单点定位就是根据一台接收机的观测数据来确定接收机位置的方式，它只能采用伪距观测量，可用于车船等的概略导航定位。

相对定位(差分定位)是根据两台以上接收机的观测数据来确定观测点之间相对位置的方法，它既可采用伪距观测量也可采用相位观测量，大地测量或工程测量均应采用相位观测值进行相对定位。

随着人们对 GPS 认识的加深，GPS 不仅在测量、导航、测速、测时等方面得到广泛的应用，而且其应用领域不断扩大。主要的应用领域有如下几个。

(1) 野外勘测：

① 测绘领域，主要包括利用 GPS 导航技术进行地形图测绘、地壳变形测量、大坝和大型建筑物变形监测等；

② 资源勘查，GPS 为快速、高效地确定资源分布范围、估算储量和可开采量提供了技术支持。目前，GPS 广泛应用于海洋资源和陆地资源调查。其中，海洋资源调查包括海洋石油资源调查、海洋生物资源调查等，陆地资源调查包括森林资源调查、草场资源调查、耕地资源调查等。

(2) 现代交通：

① 汽车出租、物流配送，主要利用 GPS 对车辆进行跟踪、调度管理，从而能够选择最优的路径，以最快的速度响应用户的乘车和送货要求；

② 海洋航运，利用 GPS 为远洋船舶导航，指导船舶进港、离港；

③ 民航，利用 GPS 指导驾驶员精确着陆，科学引导和安排飞机进港、离港，提高机场利用效率。

(3) 旅游：游客能够随身携带 GPS 接收机，随时知道自己所在的位置、行走速度和方向，不会迷失方向，保证人身安全。需要在野外宿营时，还可以借助 GPS 接

收机快速找到合适的宿营地。

(4) 科学研究：地质学研究、生物学研究、海洋学研究、全球气候研究、水文学研究等，都把 GPS 作为重要的定位手段。

(5) 军事：GPS 广泛应用于作战指挥、紧急搜救、军用舰船导航、军用飞机导航、火炮、地空导弹精确制导等领域。在快速、机动、精确的现代化战争中，GPS 正全方位地发挥着作用。

GPS 最为典型的应用就是如图 2.22 所示的车载 GPS 导航功能。

人类社会在不断地发展，城市越来越大，交通系统也变得更加复杂。无需厚重的地图，车载 GPS 导航给没有经验的驾驶员提供了便利。车载卫星定位系统被用来给汽车导航，也给汽车驾驶员选择路线提供了方便。汽车导航系统利用 GPS 技术，通过安装 GPS 信号接收机，就可以利用卫星信号来确定自己的当前位置。驾驶员在车载 GPS 导航系统上标注了任意的出发地和目的地后，导航系统便会自动根据当前的地理位置，为驾驶员设计最佳路线，并且，在车辆行驶的过程中，车载 GPS 导航能够随时提醒驾驶者注意行程。汽车的行驶区域大部分都在户外，只在较少数的时候会进入地下或者隧道等隐蔽的地方，因此大多数时候，GPS 的定位效果都很好。所以，即便是在完全陌生的城市，车载导航仪也会自动带领驾驶员行至既定的目的地。



图 2.22　GPS 车载导航图

在整个行驶过程中，车载 GPS 导航系统可以通过 GPS 对卫星信号的接收计算，测算出行驶的具体速度，比一般的里程表准确很多。此外，GPS 导航系统能够提供全程的语音提示，使得驾驶员的行车过程更加的安全舒适。如：车辆遇到路口或者转弯，车载 GPS 语音系统就会提示用户进行转向，使得驾车者无需观察车载 GPS 导航的显示界面就能清楚地知道路线，实现导航。驾驶员也不需要考虑路线问题，因为路线并非是固定不变，如果驾驶员因为不小心错过路口，没有走车载 GPS 导航系统推荐的最佳线路，当车辆位置偏离最佳线路轨迹 200 米以上时，车载 GPS 导航系统会实时根据车辆所处的最新位置，重新为用户设计一条回到主航线的路线，或是为用户设计一条从最新所在位置到目的地的最佳线路。

能够记录航迹是车载 GPS 导航系统的另一大特色功能。如果去一个完全陌生的地方，去的时候有人带路，回来的时候也完全不用担心。车载 GPS 导航带有航迹记录的功能，可以记录下驾驶员在车辆行驶过程中经过的路线，精度能够保证小于 10 米，甚至能清楚地显示两个车道的区别。在驾驶员返程时，可以启动车载 GPS 系统的返程功能，顺着来时的路线顺利回家。

任何事物都是有两面性的，车载 GPS 导航也不例外。例如，在导航地图上找不到一些偏远的地区，车载 GPS 就会对驾驶员产生误导。再如，车载 GPS 导航无法完全实现智能化，有时只要穿过一条街就能到的路途，导航地图却“舍近求远”，带着车主兜了一个大圈。目前 GPS 技术是车载导航进行定位的基本技术，但是 GPS 毕竟不能达到 100％的准确定位。此外，星空分布状态、大楼、高架桥、电波等很多因素会影响 GPS 的信号，一般来说，从 GPS 位置向上看，能看到的天空的面积，就是 GPS 能收到讯号的面积，GPS 定位受外界因素的影响是非常大的。

2.3.2.2　蜂窝基站定位

虽然 GPS 在定位界有着举足轻重的地位，但也有其不能应付的情况，例如在室内的环境中，GPS 的定位效果就非常差，甚至不能定位。有的时候，人们的应用其实不需要 GPS 提供的那么高的精度，一些简单的应用根本不需要动用 GPS 定位系统。另外，尽管 GPS 接收机向廉价化和轻型化的方向发展，但是人们使用的很多移动通信设备，仍然没有集成 GPS 模块，却对定位有着很强的需求。因此，除了 GPS 定位之外，还需要蜂窝基站定位作为应用的拓展。

GSM 蜂窝基站定位凭借其定位速度快、成本低、耗电少、室内可用等优势，越来越多地被大众所使用。本节将会介绍各种基于 GSM 蜂窝基站的定位方法及基本的技术原理，以及一些蜂窝基站定位的典型应用。

（1）GSM 蜂窝网络的基础结构

GSM 网络的基础结构是由一系列的蜂窝基站构成的，这些蜂窝基站把整个通信区域划分成如图 2.23 所示的一个个蜂窝小区。这些小区小则几十米，大则几千米，实际上，一个基站往往并不只是对应一个小区。当我们使用移动设备在 GSM 网络中通信时，实际上就是需要先通过某一个蜂窝基站接入 GSM 网络，然后通过 GSM 网络进行语音数据、文本数据、多媒体数据等的传输。换言之，在使用 GSM 通信时，移动设备总是需要和某一个蜂窝基站连接，或者说移动设备需要处于某一个蜂窝小区中，由此看来，GSM 定位，就是需要借助这些蜂窝基站进行定位。

（2）COO 定位

COO(Cell of Origin)定位方法最简单，它是一种单基站定位的方法，即根据移动设备当前连接的蜂窝基站的位置来确定设备的位置。很显然，这种定位方法的精度很低，定位的精度取决于基站覆盖的范围，即蜂窝小区的半径。如果基站覆盖

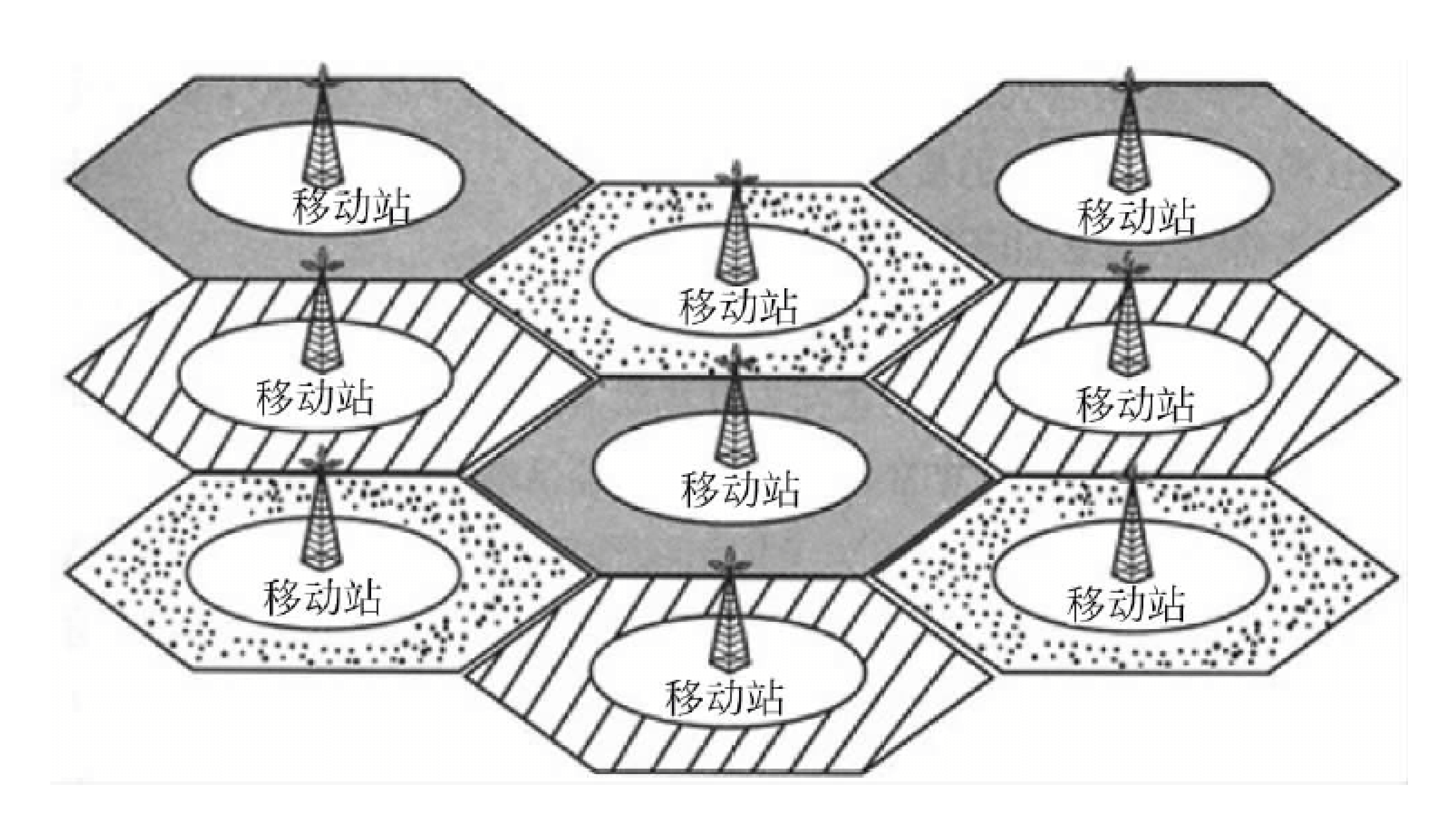


图 2.23 GSM 网络的基础结构①

范围半径很小,例如在基站密集的城市中心地区,通常会采用多层蜂窝小区,小区划分得很小,定位精度就可以达到 50 米以内;而在其他地区,可能基站分布相对分散,一个基站覆盖的范围,半径较大,可能达到几千米,也就意味着定位精度只能粗略到几千米。这种定位方法的优点在于速度,一般来说只需要 2～3 秒即可完成定位。目前 Google 地图的移动版中,基本上就是使用这种方法,通过蜂窝基站确定"我的位置"。

(3) TOA/TDOA 定位

只使用一个基站很难得到目标精确的位置,要想达到更加精确的定位效果,需要全面进行测量。因此可以利用多个基站同时测量,在多基站的定位方法当中,使用最多的是 TOA(Time of Arrival,到达时间)、TDOA(Time Difference of Arrival,到达时间差)定位。这两种都属于基于电波传播时间的定位方法,也都需要同时有三个位置已知的基站合作才能进行。

TOA 的定位原理是用基站传输到用户设备的时间与电磁波速度乘积获得两两之间的距离,然后建立三元一次方程组获得用户设备所在位置。由于距离的计算完全依赖于时间,因此 TOA 算法对系统的时间同步要求很高,任何很小的时间误差都会被放大很多倍,同时由于多径效应的影响又会带来很大的误差,因而单纯的 TOA 在实际中应用很少。

TDOA 的定位原理是将基站传输到用户设备的时间做两两求差,再根据一定的数学方法获得用户设备的位置信息。TDOA 的求差过程会抵消其中很大一部分的时间误差和多径效应带来的误差,因而可以大大提高定位的精确度。

① 图片来自:百度图片。

(4) AOA定位

AOA(Angle of Arrival,到达角度)定位是一种两基站定位方法,是基于信号的入射角度进行定位。只要知道了定位目标与两个基站间连线的方位,就可以利用两条射线的交点确定出目标的位置。具体来说,知道了基站1到设备之间连线与基准方向的夹角 α_1,就可以画出一条射线 L_1;同样知道了基站2到设备之间连线与基准方向的夹角 α_2,就可以画出一条射线 L_2。那么 L_1 与 L_2 的交点就是设备的位置。这就是AOA定位的基本数学原理。

AOA定位通过两直线相交确定位置,不可能有多个交点,避免了定位的模糊性。测量目标到基站间连线的方向并不简单,为了测量电磁波的入射角度,接收机必须配备价格不菲且方向性强的天线阵列。

2.3.2.3 室内精确定位

随着数据业务和多媒体业务的日益增加,人们对定位与导航的需求越来越大,尤其在复杂的室内环境中,例如机场大厅、展厅、仓库、超市、图书馆、地下停车场、矿井等,常常需要确定持有的移动终端或其持有者、设施或者其他物品在室内的位置信息。但是受定位时间、定位精度以及室内复杂环境等条件的限制,比较完善的定位技术目前还面临着一些挑战。

室内和室外的环境有着天壤之别,往往在室外很容易解决的定位问题,在室内会变得非常棘手。在室外的露天环境中,不管是GPS技术还是基站技术都可以获得精度相对较高的定位结果。但在室内环境中实现位置定位,由于GPS信号受到一定的屏蔽,基站定位的信号也受到一定的干扰,因此,定位效果大打折扣。目前室内定位主要采用集成无线通信、基站定位、惯导定位等多种技术的一套室内位置定位体系,从而实现人员、物体等在室内空间中的位置监控。除通信网络的蜂窝定位技术外,常见的室内无线定位技术还有Wi-Fi、蓝牙、红外线、超宽带、RFID、ZigBee和超声波。

(1) Wi-Fi技术

通过Wi-Fi技术定位的原理是:在无线接入点(包括无线路由器)组成的无线局域网络(WLAN)中,可以实现复杂环境中的定位、监测和追踪任务。它的基础和前提是网络节点(无线接入点)的位置信息,采用经验测试和信号传播模型相结合的方式,对已接入的移动设备进行位置定位,最高精确度在1~20米。如果定位测算仅基于当前连接的Wi-Fi接入点,而不是参照周边Wi-Fi的信号强度合成图,则Wi-Fi定位就很容易存在误差(例如:定位楼层错误)。

另外,Wi-Fi接入点通常都只能覆盖半径90米左右的区域,而且很容易受到其他信号的干扰,从而影响其精度,定位器的能耗也较高。

举例来说,在智能手机上,可以通过系统SDK获取到周围各个AP(Access

Point)发送的信号强度 RSSI 及 AP 地址,目前看来最可行的方法是利用 RSSI 来定位,因此下面着重介绍,基于 RSSI 定位主要有两个算法:三角定位算法和指纹算法(链接参考:https://www.zhihu.com/question/20593603/answer/22807877)。

三角定位:如果我们已经知道了这些 AP 的位置,就可以利用信号衰减模型估算出移动设备距离各个 AP 的距离,然后根据智能手机到周围 AP 的距离画圆,其交点就是该设备的位置。很容易发现,三角定位算法需要我们提前知道 AP 的位置,因此对于环境变化较快的场合不适合使用。

指纹算法:主要分为两个阶段,分别是离线训练阶段和在线定位阶段。在离线训练阶段,将需要室内定位区域划分网格,建立采样点(间距 1~2 米),然后使用 Wi-Fi 接受设备逐个采样点采样,记录该点位置、所获取的 RSSI 及 AP 地址。对采样数据进行处理(滤波、均值等),建立离线训练位置库。而在在线定位阶段中,用户持移动设备在定位区域不断移动,能够实时获取当前 RSSI 及 AP 地址,将该信息上传到服务器进行匹配(匹配算法有 NN、KNN、神经网络等)得到估算位置。

三角定位和指纹算法的比较:指纹算法相较于三角定位算法精度更高;三角定位算法需要提前知道所有 AP 的位置;指纹算法需要提前进行离线位置的训练,绘制一幅信号地图。

从以上的分析看来,智能手机基于 Wi-Fi 的室内定位应用,更适合使用基于 RSSI 信号的指纹算法,原因在于我们不需要提前知道所有 AP 的位置,而且指纹算法可以应对 AP 位置或状态的改变。可以提前将测绘指纹数据库储存到服务器上,移动设备在定位区域将自己得到的周围 AP 信息实时发送给服务器,由服务器进行匹配并返回坐标位置给客户端。一旦 AP 状态或位置变化,只需要更新定位区域数据库而并不需要在客户端做出改变。

(2) 蓝牙技术

通过蓝牙技术进行室内定位的基本思想是:由于蓝牙通信是一种短距离且低功耗的无线传输技术,因此适用于室内定位。在室内安装适当的蓝牙局域网接入点后,将网络配置成基于多用户的基础网络连接模式,并保证这个微网络的主设备始终是蓝牙局域网接入点。这样只需要通过检测信号强度就可以较为准确地获得用户的具体位置信息。

蓝牙定位主要应用于小范围的定位,例如:单层大厅或仓库。但对于复杂的空间环境,蓝牙定位系统的稳定性稍差,受噪声信号的干扰更大。对于持有集成了蓝牙功能的移动终端设备,只要该移动设备的蓝牙功能开启,蓝牙室内定位系统就能够判断该移动设备的位置。

苹果公司开发出了一种通过低功耗蓝牙技术进行精确微定位的技术 iBeacon,

所有搭载蓝牙4.0及以上版本和iOS7的设备都可以作为iBeacons技术的发射器和接收器，当手持的设备靠近一个iBeacon基站时，该设备就能够感应到iBeacon信号，范围可以从几毫米到50米。通过此技术可以在一定范围内接收由其他iBeacons发出来的信号，同时也可以把该设备的信息在一定范围内传递给其他的用户。

iBeacons相较于原来的蓝牙技术有以下几个特点：首先它不需要配对，苹果在之前对蓝牙设备的控制比较严格，只有通过MFI认证过的蓝牙设备才能与iDevice连接，而蓝牙4.0没有这些限制。其次，在准确度与距离上也有提高，普通的蓝牙(蓝牙4.0之前)一般的传输距离在0.1～10米，而iBeacons信号可以精确到毫米级别，并且最大可支持到50米的范围。最后，功耗更低，蓝牙4.0又叫低功耗蓝牙，一个普通的纽扣电池可供一个iBeacon基站硬件使用两年。

同样，iBeacons也有一些缺点，由于其依赖于蓝牙技术，传输距离较大，而且通过基站传输数据，那么，如果基站被攻击，连接到基站的设备就很危险了。此外，iBeacons是通过蓝牙实现的，一般来说两个设备建立起连接需要几秒甚至十几秒，操作也较为烦琐，用户体验相对较差。

总结来说，iBeacons就像是室内的GPS，iPhone可以接收iBeacons传输，并获得各种准确的定位信息。定位只是iBeacons技术的一部分，iBeacons还允许手机发出简单的“我在这”的信号，这意味着iBeacons技术可以完成更多的事情。

(3) 红外线技术

红外线技术室内定位的原理是，在室内安装光学传感器，红外线IR标识发射调制的红外射线，光学传感器接收各移动设备发射的调制红外射线进行定位。虽然红外线具有相对较高的室内定位精度，但是，由于光线不能穿过障碍物，使得红外射线仅能视距传播，容易受其他灯光的干扰，并且红外线的传输距离较短，使其室内定位的效果很差。当移动设备放置在口袋或者被墙壁遮挡时，就不能正常工作。因此，为了保证定位效果，就需要在每个房间、走廊里安装接收天线，导致总体的造价较高。红外线室内定位只适合短距离的传播，在精确定位上有局限性。

(4) 超宽带技术

超宽带技术是全新的、与传统通信技术的定位方法有较大差异的通信新技术。它不需要使用传统通信体制中的载波，而是通过发送和接收具有纳秒或纳秒级以下的极窄脉冲来传输数据，具有GHz量级的带宽。超宽带技术可以用于室内精确定位，例如：战场士兵的位置发现、机器人运动跟踪等。

超宽带系统与传统的窄带系统相比，具有穿透力强、功耗低、抗多径效果好、安全性高、系统复杂度低、能够提高精确定位精度等优点，通常用于室内移动物体或者人的定位跟踪或导航，且能提供精确的定位精度。

（5）RFID 技术

RFID 即射频识别，其能量供应和数据交换是应用无线电和雷达技术实现的。RFID 系统一般是由阅读器和应答器两部分组成，其主要作用分别是：将应答器放在需要识别的物体上，可以发送和接收信息，可根据收到的操作命令作为读/写等处理；阅读器是采集应答器信息并对应答器发出操作命令的装置，发出的命令包含选择、读/写、取消选择命令等。

RFID 定位技术利用射频方式进行非接触式双向通信交换数据，实现移动设备的识别和定位的目的。RFID 定位技术的优点很多，例如耗时少，此种技术可以在几毫秒内得到厘米级定位精度的信息；传输范围大；成本较低；非接触和非视距等，这些优点使得 RFID 定位技术能够成为室内定位技术的优选。但此种定位技术也有一些局限性，例如作用距离最长仅为几十米；不具有通信能力；不便于整合到移动设备之中等，此外 RFID 技术还涉及用户的安全隐私和国际标准化等问题，这些局限性让 RFID 定位技术的适用范围受到局限。

（6）ZigBee 技术

ZigBee 是一种短距离、低速率的无线网络技术。ZigBee 技术有自己的无线电标准，介于 RFID 和蓝牙之间，可以通过传感器之间的相互协调通信进行设备的位置定位。ZigBee 技术的通信效率非常高，传感器只需要很少的能量，以接力的方式通过无线电波将数据从一个传感器传到另一个传感器，所以 ZigBee 最显著的技术特点是它的低功耗和低成本。

（7）超声波技术

超声波定位的原理如下：采用反射式测距的技术，通过三角定位等算法确定物体的具体位置。具体来说，若干个应答器和一个主测距器组成了超声波定位系统，主测距器放置在了被测物体上，在微机指令信号的作用下，主测距器向位置固定的应答器发射同频率的无线电信号，应答器在收到无线电信号后同时向主测距器发射超声波信号，得到主测距器与各个应答器之间的距离。当同时有三个或三个以上不在同一直线上的应答器做出回应时，可以根据回波与发射波的时间差计算出两者之间的距离，从而确定出被测物体所在的二维坐标系下的位置。此外，还有的超声波定位技术采用单向测距法。

超声波定位的优点是，整体定位精度较高、系统结构简单，但也有一些缺陷，例如容易受多径效应和非视距传播的影响，降低定位精度；同时，它还需要大量的底层硬件设施投资，总体成本较高。

除了上述应用较为广泛的定位技术，还有其他的室内定位技术例如基于计算机视觉、光跟踪定位、基于图像分析、磁场以及信标定位等技术。目前很多技术还处于研究试验阶段，如基于磁场压力感应进行定位的技术。

不管是 GPS 定位技术还是利用无线传感器网络或其他定位手段进行定位都有其局限性。室内定位技术将 GPS 定位技术与无线定位技术有机结合,发挥各自的优长,则既可以提供较好的精度和响应速度,又可以覆盖较广的范围,实现无缝的、精确的定位。

2.4　智能信息设备

2.4.1　便携式移动设备

2.4.1.1　Personal Digital Assistant

PDA(Personal Digital Assistant),指的是个人数字助理,俗称"掌上电脑"。这种设备可以帮助我们在移动过程中完成在线工作、学习、娱乐等活动,其功能主要包括文档编辑、记事、多媒体播放、游戏、通过内置或外置无线网卡上网等,通过第三方软件还可以看电子书、处理图像、外接 GPS 卡进行导航等。图 2.24 所示的是一些主流 PDA 产品。

1992 年 1 月,苹果公司 CEO 约翰·斯卡利(John Sculley)提出 PDA 的概念,并在国际消费电子展上推出了 Newton 掌上电脑。这是苹果公司对掌上智能设备的首次尝试,它配备了触控屏幕、触控笔、红外线等,能够识别用户的手写笔记。人们可以在 Newton 上面编写日程、查找联系人信息等。1997 年,Newton 停产,有观点认为是该产品识别能力不够,手写识别字典仅包含 10000 个单词,所以难以在市场上准确定位,导致需求量较低;也有观点认为是苹果公司需要减少开支以度过财务危机。



图 2.24　主流 PDA 产品,从左到右依次为 Newton、Palm、HP 推出的 PDA[①]

① 图片来源:http://www.pconline.com.cn/digital/pda/。

然而，真正打开了PDA市场的是Palm Computing公司。1994年，创始人Hawkins发明了Graffiti手写输入法，使用户能迅速掌握书写规则，识别速度和识别正确率大幅提高，有效解决了手写识别问题，受到广大用户的欢迎。

掌上电脑的核心是操作系统，市场上主要有两类操作系统：一类是Palm操作系统，使用者包括Palm、IBM公司的Work Pad、Sony公司的Clie和TRGpro、handspring等设备。Palm OS不断升级，TCP/IP服务、电子邮件等功能也逐渐添加进来，服务越来越丰富，功能越来越强大，在世界市场份额中占到65%以上。另一类则是微软公司Windows CE系列，虽然起步晚，在掌上电脑经历一段高增长期后才出现，但它打破了Palm OS一统天下的局面。且由于Win CE授权广泛，联想、方正、HP、COMPAQ等公司都推出了Windows CE掌上电脑。采用Palm OS的产品与采用Win CE的产品相比，前者电池性能更好，续航时间更长。在界面与应用性能上，Win CE对用户更为友好，操作简单且容易上手。在多媒体性能上，Win CE要优于Palm。而在软件的数量上，Palm则比Win CE更多一些。

PDA的大部分理念都被后来崛起的智能手机所继承，随着手机智能化程度的提高，PDA的概念几近消亡。

2.4.1.2 智能手机

智能手机，是指像个人计算机一样，具有独立的操作系统、独立的运行空间，可以由用户自行安装软件、游戏、导航等第三方服务商提供的程序，并可以通过移动通信网络来实现无线网络接入的手机类型的总称。如图2.25所示。






图2.25 市场上常见的智能手机示意图

智能手机具有无线接入互联网的能力，也具备PDA的功能，同时拥有独立的核心处理器(CPU)和内存，使其可以安装更多的应用程序，使得智能手机的功能得

到扩展。随着半导体业的发展，CPU 发展迅速，大大提高了智能手机的运行速度。发展至今，智能手机有三大主流的操作系统，分别是 iOS、Android 和 WindowsPhone，其中 iOS 以闭源形式推出，仅由苹果公司独家采用，而另外两大系统则是开源的，能够支持多家厂商。

1. 智能手机的传感器

目前，智能手机已经内置了功能不同、种类繁多的传感器，同时越来越多的外置传感器也能通过有线接口或是无线网络与手机相连（陈龙彪等，2015）。随着智能手机的普及，其便携性和适用性使其成为用户身边不可或缺的电子产品，而它产生和接收信息的能力也让其成为物联网中越来越重要的一员。图 2.26 所示为市场上智能手机所携带的各种内置传感器。表 2.8 列出了这些内置传感器的基础信息。



图 2.26 智能手机传感器示意图①

表 2.8 智能手机的常见内置传感器

传感器类型	原 理	参 数	基本应用
加速度传感器	通过集成在硅晶片上的微机电系统（MEMS）测量 x,y,z 三轴的加速度值，静止时会测到 1g 的重力加速度	单位：m/s^2 测量范围：±2g 采样率：～100Hz	自动旋转屏幕方向 翻转手机自动静音 晃动手机切换音乐

① 图片来源：译自 http://smartphoneworld.me/wp-content/uploads/2013/12/Smartphone-Sensors.jpg。

续表

传感器类型	原　　理	参　　数	基本应用
陀螺仪	利用陀螺仪的定轴性，通过集成在硅晶片上的微机电系统(MEMS)测量空间三轴的角速度	单位：rad/s 采样率：～1000Hz	手势识别 精准游戏方向控制
磁力传感器	利用霍尔效应，通过集成在硅晶片上各向异性磁致电阻(AMR)测量 x,y,z 三轴的环境磁场强度和方向	单位：mT 测量范围：±2mT 采样率：～30Hz	电子罗盘指示方向 探测周围金属物体 辅助 GPS 定位
GPS	通过 GPS 芯片接收定位卫星信号，从而计算出手机所处的经纬度和高度	确定经纬坐标：至少 3 颗卫星信号 确定高度坐标：至少 4 颗卫星信号 精度：10～50m 初次定位时间(A-GPS 辅助)：～30s	室外定位 路线导航 手机追踪
接近传感器	利用一对红外线或者其他电磁波的发射-接收装置，检测接近手机周围特定区域的物体	位置：一般位于手机正面上方 距离 0～5cm	通话时自动关闭屏幕
环境光传感器	利用光敏元件输出电流、电压随光照强度变化的原理，计算出环境光强度	位置：一般位于手机正面上方 单位：lux	自动调节屏幕亮度
摄像头	利用 CCD 或 CMOS 等感光器件将镜头捕捉的光线转变为电信号，并经由 DSP 处理后形成图像	图像分辨率：30～800 万像素；视频录制帧率：～24fps；一些智能手机带有自动对焦、白平衡和人脸识别等功能	拍照和录制视频 人脸解锁 二维码识别 视频通话
麦克风	利用薄膜式电容将空气振动转化为电信号，并经由数模转换芯片处理后形成数字音频信号	音频范围：20～2000Hz 一些智能手机带有背景去噪功能	采集和录制声音 识别说话内容
Wi-Fi	根据 IEEE 802.11 标准，由无线接入点(AP)和客户端(Client)设备形成无线局域网，也允许两个设备直接形成 Ad hoc 网络	频段：2.4GHz 范围：30～100m 传输速率：～54Mbps	数据传输 室内定位

续表

传感器类型	原　　理	参　　数	基本应用
蓝牙	根据 IEEE 802.11 标准，通过近距离无线设备之间的查找、配对和连接形成数据传输链路	频段：2.4GHz 范围：5～30m 传输速率：～2Mbps	数据交换 身份识别
近场通信(NFC)	基于无线电频率认证(RFID)技术，使用设备相互激发的电磁场进行近距离数据交换	频段：13.56MHz 范围：<10cm 传输速率：～400kbps	近距离数据交换 身份认证 移动支付

① 加速度传感器。智能手机一般都装有三轴加速度传感器，它以手机自身为参考系，能够测量手机受到的加速度，进而计算出手机在三个方向上的加速度分量。当手机水平静止时，垂直 z 轴的数值为 g，而自由落体时，三轴的加速度数值均为 0。加速度传感器可以感知手机受到的加速度大小，从而确定手机的运动方向和速度，但是无法确定手机在三位空间中的南北朝向。

② 陀螺仪。加速度传感器无法感知旋转的动作，而陀螺仪则能够很好地补上这个弱点。常见的三轴陀螺仪能够测量手机转动的角速度。将加速度传感器和陀螺仪相结合，智能手机可以全面地收集用户的各种复杂运动。但在实际应用过程中，读数噪声会引起累积误差，想要长时间精确捕捉用户的运动需要依赖于传感器设备的改良，以及对应算法的优化。

③ 磁力传感器。磁力传感器以地球作为参考系，可以借助地磁场获得手机在空间中的方向，但容易受到周围磁场的干扰。

④ GPS。智能手机中的 GPS 接收器属于 GPS 系统中的用户设备部分，通常由一个和卫星通信的专用天线、用于位置计算的处理器和高精度的时钟组成。它首先测得手机和三个 GPS 卫星之间的距离，然后通过三点定位方式确定接收机的位置。如果需要知道高度信息，则需要至少 4 颗卫星的数据。GPS 存在的一个主要缺点是定位速度慢，需要先花费几分钟的时间来搜索当前可见的卫星。因此发展了 A-GPS 定位技术——将 GPS 定位和蜂窝基站定位相结合，既能缩短定位时间，也能提高定位精度。这也是手机的优势之一。

⑤ 接近传感器。又可以称为距离传感器，它通过红外线或者其他电磁波的发射—接收装置，根据发射和接收的时间差，计算与物体之间的距离。所以，当人们打电话时，手机屏幕会自动关闭；而离开一段距离后，屏幕又会开启。这样既能避免接听电话时的误操作，也能减少手机耗电，十分实用。

⑥ 环境光传感器。它能够根据周围环境的明暗程度来调节手机屏幕的亮度，在光线充足的地方，屏幕很亮，方便用户看清手机中的内容；而在暗处，屏幕也会变暗，这样在保护眼睛的同时，也节省了能量。

⑦ 摄像头。广义上来说，摄像头可以看做光学信号的传感器，主要功能包括静态图像拍摄、连拍、短片拍摄等，随着智能手机的发展，摄像头已经具备变焦功能，而且镜头可旋转，能够实现自动白平衡等。手机的拍摄功能是与其屏幕材质、屏幕的分辨率、摄像头像素、摄像头材质有直接关系。

⑧ 麦克风。广义上来说，麦克风可以看做是声音信号的传感器，是智能手机上最普适的传感器之一。智能手机可以根据麦克风采集到的声音特征区分语音、音乐和背景噪声等，还能进一步地提取音量、音高、音色和 MEL 频率倒谱系数等特征，在音频分析和语音识别中应用广泛。但需要注意的是，很多智能手机为提高通话质量，自带了背景噪声去除功能，因此对环境声音的检测效果并不理想。

⑨ Wi-Fi。广义上说，Wi-Fi 可以看做是无线射频信号的传感器。如今无线局域网 Wi-Fi 已经是访问互联网的重要手段之一，它能通过一个或多个接入点，为一定区域内的众多用户提供互联网访问服务。

⑩ 蓝牙。在蓝牙通信中，蓝牙设备(此处指智能手机)既可以是主设备也可以是从设备。在任意时刻，主设备单元可以向从设备单元中单独任何一个发送信息，也可以用广播方式同时向多个从设备发送信息。

⑪ 近场通信(NFC)。智能手机内置的 NFC 芯片有卡模式、点对点模式和读卡器模式三种工作状态。在卡模式下，NFC 芯片相当于电子标签，能够被其他 NFC 读卡器读取；在点对点模式下，两台具有 NFC 芯片的智能手机可以建立短距离双向通信；在读卡器模式下，NFC 芯片可以读取有效范围内的 NFC 标签，并对其内容进行改写。装有 NFC 芯片的智能手机可以在不使用移动网络的情况下，在短距离内进行身份认证和移动支付等。

智能手机的内置传感器已经越来越精密，但在能耗、精度和感知范围等方面还存在一些问题，且手机的体积和重量也限制了更多的传感器的嵌入。而外接式传感装置则可以提供更广泛的感知手段和更高的数据精度。通过蓝牙、数据线、音频接口或其他短距离通信协议，越来越多的外接式传感设备能够连接到智能手机上，并提供友好的人际交互界面、数据存储和云访问。比如，360 公司已经开始着手帮助家电厂商实现电器的智能化和连接化，计划推出一个连接套件来实现上面的功能。周鸿祎同时对未来的智能手机市场进行了大胆的预测，五年内物联网将会和智能手机充分结合。

2. 智能手机的感知

通过上述的各种传感器和传感设备，智能手机可以感知到各种各样的信号，为上层应用提供丰富的情境信息。可以将这些信号分成位置感知、行为感知、身份感知、生理感知和社会感知五大类，如图 2.27 所示。

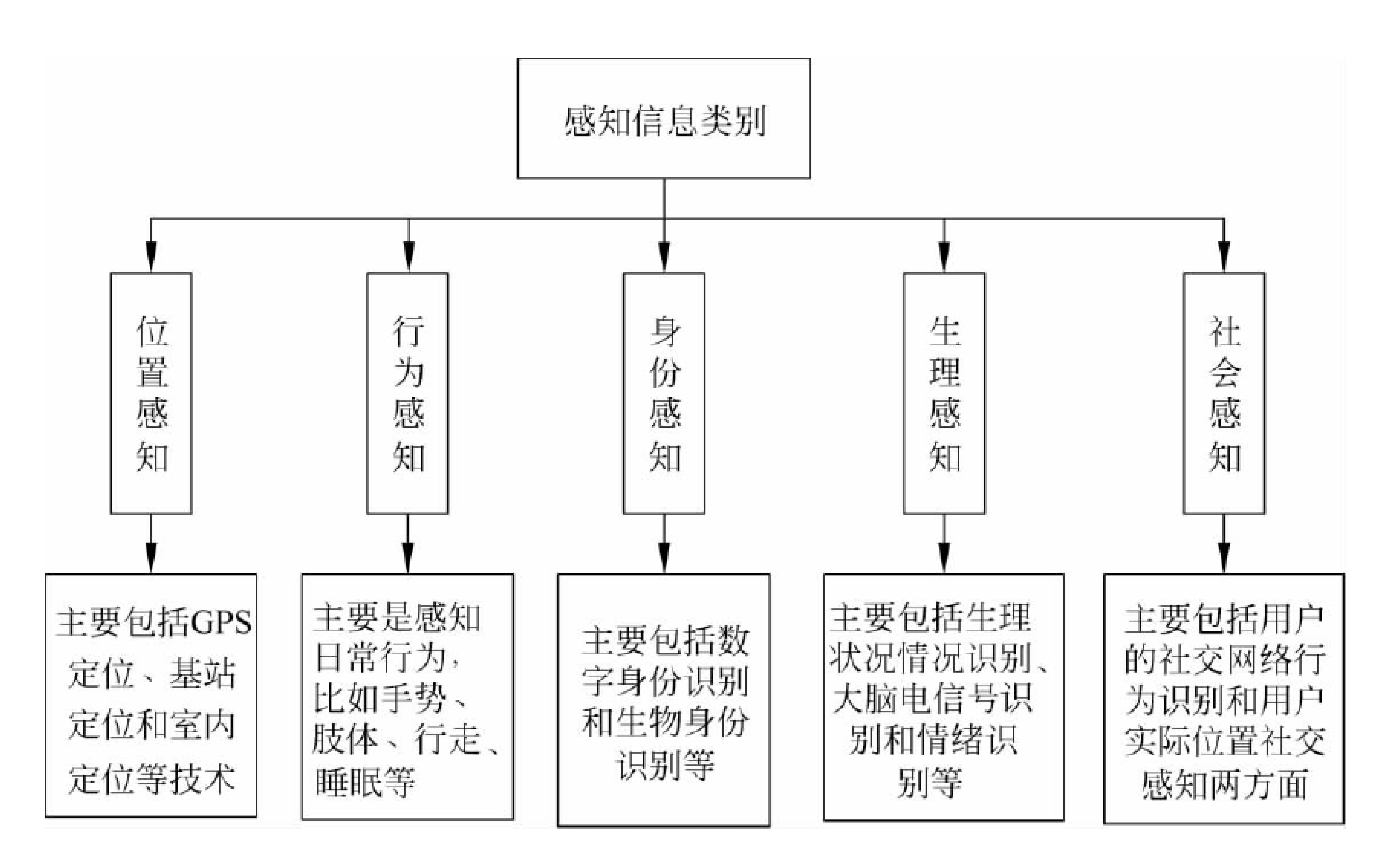


图 2.27　智能手机中的感知信息类别

（1）位置信息

智能手机的定位技术发展到尽头已经十分成熟。在室外环境下，主要利用卫星定位技术，使用最为广泛的包括 GPS 定位技术，以及后续改良的 A-GPS 定位技术，精度高达 3～5m。而作为手机通信基础设施的移动基站，也能辅助智能手机进行定位，其精度一般为数百米，取决于基站的数量。在室内环境中，智能手机可以通过蓝牙、WLAN 或是超宽带（Ultra-wideband, UWB）等无线信号，能够有效解决建筑物遮挡带来的信号衰减和反射问题。

除此之外，有学者提出了语义位置，用来描述位置的名称和功能等属性，比如办公室、住宅、餐厅等。谷歌地图提供了反向地理编码服务，它可以将物理坐标映射成语义位置并提供查询功能。也有学者提出根据用户的轨迹来推断位置语义，它根据用户的地址簿、日程安排等信息，分析用户在特定位置的活动规律，综合考虑来分析位置的语义属性。另外，也可以感知周围的环境特征来推断位置语义，比如光线、Wi-Fi 接入点名称、声音信号等信息，通过信息的匹配来识别所处的位置。

（2）行为感知

人们的身体动作、手势等日常行为，能够传达更多的用户信息。随着各种内置传感器和外接传感设备的发展，人们的行为能够被更多、更精确地感知。

一种行为感知是感知用户所持手机的运动，对加速度传感器、磁力传感器、陀螺仪、红外深度传感器等收集到的信息加以分析，得出用户的手势变化、姿态变化、肢体动作和日常行为等数据。但这种行为识别存在很大的缺点，因为用户在平时不可能将手机固定在身体的特定位置，所以能够感知到的数据源相对单一，数据质量较低。

另一种行为感知是感知智能手机周围空间中的手势动作，此时往往需要借助于其他外置传感器的数据，比如红外摄像头、腕带或其他专用的运动传感器等设备，这些传感器一般佩戴在四肢或腰部，将采集到的数据可以通过蓝牙、ZigBee 等方式传输到用户的智能手机上，再对用户行为活动加以识别。这种方式能够监控更多的用户行为信息，但是需要多种传感器长时间的协同感知，还需要复杂而有效的行为识别模型，因此，目前在精确度和成本上有很大的限制，其应用范围也比较有限。

（3）身份感知

个人身份信息包括用户的基本信息、行为习惯和偏好兴趣等多种特征，智能手机能够在身份识别上提供个性化和自适应的服务。

个人身份信息可以存储在二维码或 NFC 标签中，通过手机摄像头能够识别出二维码里面的信息，而通过带有 NFC 芯片的智能手机则可以智能读取 NFC 标签中的信息，从而确认用户的个人身份。相比较而言，识别二维码成本低、部署方便，但是二维码中存储信息有限；而使用 NFC 标签的方法则具有更好的响应速度，但部署成本高。

生物认证技术也逐渐成熟，常用的进行生物特征包括人脸、声音、指纹和动作姿态等。人脸识别通过检测人脸中的眼、鼻、嘴等局部特征，能够实时人脸识别；声音识别中，通过分析语音中的声学特征，能够识别用户的性别和身份。指纹识别中断点、分叉点和转折点被称为“特征点”，这些特征点基本能够唯一确定一个人的身份。目前相关的识别技术已经广泛应用在智能手机中。

（4）生理感知

通过与便携式生理信号测量仪器的连接，智能手机能够感知、汇总和处理用户的心率、血压、体温等生理信号信息，有助于远程医疗服务的实现，能够降低医疗成本，为未来的移动医疗和普适医疗打下基础。

大脑是人类思维活动的中枢，通过脑机接口可以感知由大脑皮层活动产生的生物电信号——脑电信号，从而对人类的思维活动进行认知。但目前，脑电信号的感知和识别技术还处于起步阶段，未来随着脑研究领域的发展，智能手机能更自然直观地与用户进行交互。

人体的语音、表情和脑电信号等都能反映用户的情绪状态，智能手机则可以捕获并分析这些特征，对用户的情绪进行分析，这种监控对于心理健康有问题的用户来说十分有意义。

（5）社会感知

社会关系表现的是个人与他人、群体之间的联系，既包含了现实生活中的联系（比如朋友、家人和同事等），也包括虚拟网络中用户之间的联系（比如社交网络中

的联系人关系和群组活动等)。通过对用户的社会活动和行为进行分析,可以发现用户之间的社会交互特征,有助于理解用户的社会关系网络。在虚拟社交中,更是有助于对用户的行为和性格进行分析,得出用户画像,对促进社群的互动、沟通和在线交流等大有裨益。

由于手机能够感知的信息十分多样化,且数据量巨大,因此手机已经成为物联网中不可或缺的一种媒介,对于物联网的发展至关重要。艾媒咨询认为,所谓手机物联网是指借助手机终端和各种传感器技术,在约定协议下,把任意物品与(移动)互联网连接起来,进行信息交换和通信,以实现智能化识别、定位、跟踪监控和管理等功能的一种网络,最终实现从人与物的信息交互向物与物的信息交换的转变。手机物联网在人们的日常生活中,能够搜集用户的多方位信息,在和用户的交互中,能够让用户更全面更科学地了解自己。同时,手机物联网对于电子商务也有很大的作用,手机物联网商务包括面向消费者和面向企业两个层次。面向消费层面的发展更多的是实现消费智能化终端,如手机支付、手机认证等,随着微信、支付宝和 iPhone 的发展,微信支付、支付宝移动端和 Apple Pay 已经深入到大众的日常生活中,成为新的支付方式。而面向企业层面则需要促进工业信息化,包括手机商务应用软件方面、库存管理服务和物流跟踪等,这一方面还有很大的发展空间。

2.4.1.3　智能穿戴设备

1. 智能穿戴设备简介

所谓智能穿戴设备,是指可以穿戴的智能设备。它将融合多媒体、无线通信、微传感、柔性屏幕、GPS 定位系统、虚拟现实、生物识别、人工智能等最前沿的技术。通过与大数据平台、智能云、移动互联网的结合,随时随地对信息进行搜集、处理、反馈和共享(陈根等,2016)。图 2.28 中列出了日常生活中的一些智能穿戴设备。

20 世纪 60～70 年代是智能穿戴设备的萌芽期。最原始的可穿戴设备不是在实验室,而是在赌场。1966 年,麻省理工学院的索普和香农研制了用于轮盘赌的设备,这是历史上第一个智能穿戴设备。随后的几十年中,不少科学家继续研究,基于 Apple Ⅱ 6502 计算机研制的智能穿戴计算机原型是这段时间内的代表。

20 世纪 80～90 年代是智能穿戴设备的发展期。史蒂夫制作了历史上第一个头戴式摄像机。第一届国际智能穿戴计算机学术会议于 1997 年由美国麻省理工学院、卡耐基・梅隆大学、佐治亚理工学院联合举办,随后,智能穿戴计算机和智能穿戴设备开始在学术界和产业界受到广泛的关注和研究,并逐渐在医疗、军事、工业、娱乐和教育等领域表现出巨大的潜力。

20 世纪末,智能穿戴设备进一步发展。进入 21 世纪,智能穿戴技术取得显著进步,并开始进入普通人的日常生活。各类世界顶尖企业和行业巨头纷纷涉足智能穿戴设备的研发,在这一领域进行布局,目前已研制了形态各异的多种产品。



图 2.28 人体上的可穿戴智能设备示意图[①]

其中，以各类智能手环、手套、智能鞋为代表的智能设备已经取得了一定的突破和市场，Apple Watch 也逐渐融入，而以 Google Glass 为代表的创新产品则正在进一步发展中。可以想象，随着企业的研究投入，各类硬件、软件和开发平台的发展和完善，智能穿戴设备会越来越先进，产品种类会愈加丰富，性能也会得到提高。

在可穿戴设备发展的大趋势下，打头炮的智能手表被寄予厚望，它也被预测为继智能手机、平板电脑之后第三个掀起科技浪潮的产品。同时越来越多的科技厂商也相继推出了智能手表产品，三星 Galaxy Gear 的推出，不仅能够上网、接收邮件、拍照、游戏，还加入了通话功能，我们可以大胆地预测，将来智能相机，智能电视，或是一切可穿戴设备都有可能拥有通话功能，而它已经不再是手机的专属功能了。

目前市场上的智能穿戴设备主要应用于三大领域(胡永利等，2012)：生活健康监控、信息咨询服务和体感虚拟交互，其具体情况如表 2.9 所示。

① 图片来源：http://image.baidu.com/search/index? tn=baiduimage&word=%E5%8F%AF%E7%A9%BF%E6%88%B4%E8%AE%BE%E5%A4%。

表 2.9 智能穿戴设备简介

	生活健康监控	信息咨询服务	体感虚拟交互
目标人群	大众消费者	大众消费者	主要是年轻消费者
具体描述	采集数据,对比和分析,帮助达到预期指标或目的	增强现实,能够更方便、及时地获取信息	增强人类能力,以娱乐活动为主
现有产品	运动、体侧腕带、智能手环等	智能手表、智能眼镜等	虚拟现实、各种体感控制仪

2. 可穿戴设备兴起的原因

由于产业发展趋势层面、资本方面等诸多原因,智能穿戴设备迅速站到了风口之上。可穿戴智能设备产业是个人、设备、智能三者相融合的有机整体。

(1) 产业发展方面

移动产业的迅速发展。随着互联网产业的发展演变,移动互联占据的比例越来越大,而传统互联网则遇到了发展瓶颈。借助于智能穿戴设备,可以让虚拟的移动世界以更加真实的方式存在。

4G、5G 以及无线通信技术的发展。如果说 3G 和 4G 是为了连接人类而设计的,那么 5G 则是为了连接万物而设计的,是物联网发展的一个关键助力,其关键技术如图 2.29 所示。下一代移动网络联盟(Next Generation Mobile Networks Alliance)定义了 5G 网络的以下要求:以数十兆比特每秒(Mbps)的数据传输速率支持数万用户;可以以一千兆比特每秒(Gbps)的数据传输速率同时提供给在同一楼办公的技术人员;支持数十万的并发连接用于支持大规模传感器网络的部署;频谱效率相比 4G 应显著增强;覆盖率比 4G 有所提高;信令效率应得到加强;延迟应该显著比 LTE 低。

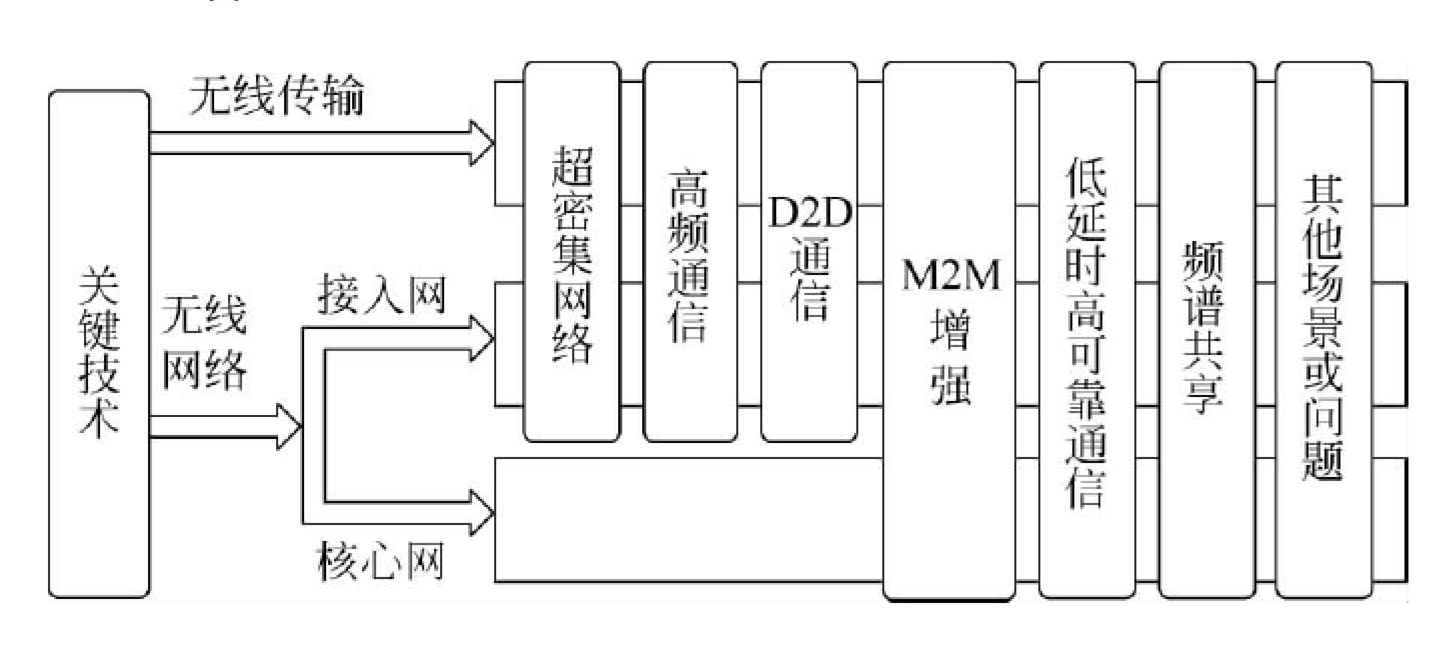


图 2.29 5G 关键技术总体技术[①]

随着硬件技术的发展,元器件性能不断提升的同时,设备也朝着微型化发展,传统的 IT 产业链在这些环节上的突破也满足了智能设备可穿戴、易穿戴、高性能的产业要求。

① 图片来源:http://www.srrc.org.cn/2015/5g/3.aspx。

大数据时代的到来。随着大数据平台、基础设施、相关技术的逐步完善，大量异构数据的存储、分析和利用问题已经能够被较好地解决。在物联网时代，各种传感设备产生的数据正是大数据应用的基础，丰富的数据类型和巨大的数据量完美契合了大数据发展的背景，是大数据发展的一个关键入口，这也是国际巨头们在智能穿戴设备领域大力布局的重要因素。

(2) 资本方面

国家层面鼓励支持创新创业，为创业者们提供一个宽松良好的大环境。

资本市场里面，大部分的资本难以从权重股中谋取重利，所以会转向投资趋势产业，而智能穿戴行业则是这样一个被看好的朝阳行业。

整体经济形势下行，房地产投资处于尴尬境地，传统行业也面临着重新洗牌的风险，短期获利的投机方式遇到较大阻力，这也促使资本流入趋势产业。

3. 智能穿戴设备的发展和未来

智能穿戴设备被互联网女皇——美国知名风投 KPCB 分析师 Mary Meeker 认为是继平板电脑和智能手机之后的又一颠覆性产品，是第三周期的明星产品。穿戴式设备通常由屏幕、芯片、无线通信、传感器等关键元器件组成，很多初创公司会选择供应链整合、组装的方式。普遍的方式是选购其中的关键模块，然后再对产品的外观进行设计和整合，租用第三方服务器，这样就形成了一款新产品。

事实上，对于智能穿戴设备来说，芯片决定着设备的运行。在国际上，有很多科技巨头已经投入了大量的研发力量进入到这一领域；在国内，我们依然有很大的限制，尤其是高端芯片的研发。业界主流的芯片厂商，如英特尔、博通、MTK 和君正等公司，纷纷发力智能穿戴设备芯片领域，结合自身的技术特性，积极推出功能各异的智能穿戴开发平台。(1)英特尔公司推出了专为智能穿戴设备而设计的新平台 Edison，目前已经基于该平台开发了包括智能耳机、智能水杯、无线充电网、智能婴儿监控衣等产品，其芯片具备体积更小、能耗更低、灵活可拓展等特性。(2)博通推出了开发平台 WICED，它将蓝牙、Wi-Fi、NFC 和定位技术融合在一起，对于智能设备的应用起到了非常关键的作用。(3)作为 ARM 架构的穿戴式系统平台代表，飞思卡尔与 Kynetics、RevolutionRobotics、Circuitco 等超过十五家厂商，在 2014 年的 CES 上共同推出了开源的可扩展的参考平台 WaRP(Wearable Reference Platform)。这些平台能够支持不同的产品，且各具特色，为可穿戴设备的快速发展提供了良好的生态环境。尽管目前来说，智能穿戴设备的高端芯片基本都由国外科技巨头掌握，但中国的华为公司也在这一领域积极布局参与。华为在 2012 年收购了英国的 CIP Technologies，2013 年收购了比利时的 Caliopa，位于英国布里斯托尔的半导体公司 XMOS 也获得了华为的投资；为了加速高端芯片的研发，华为还计划开设研发中心，并投入更多资金来抢占市场。

智能穿戴设备的魅力既体现在产品的舒适度、可观赏性和便携性上，更看重其对身体检测数据的准确度上。在人工智能还没有完全成熟的时候，算法技术就是产品的制胜点。比如目前最普及的智能手环，现有产品能够对用户常规的步行、跑步等行为进行监测，但若是用户选择了游泳、瑜伽等方式，或是借助于器械，此时产品对用户的运动量监测就会产生很大的误差。这样的缺陷在运动之外其他方面同样存在。智能穿戴设备作为数据采集和运算终端，要精准检测用户的各种状态，既需要减少采集过程中的误差，更需要合适的算法来对这些数据进行分析，这样才能体现智能穿戴设备的价值，提高用户的满意度，增强用户黏性，也决定了未来市场的主导地位。如今市场上的智能穿戴设备存在高度同质化的问题，采用的技术、适用的场景、具备的功能等都大同小异，如何创造出新的产品，创造出更具价值的产品，在这一轮热潮中脱颖而出，值得所有的创业者们思考和努力。

其实，智能穿戴设备并不仅仅适用于人体，而是可以覆盖到各行各业，包括农业可穿戴、林业可穿戴、畜牧业可穿戴和宠物可穿戴等，这些领域的发展对于实现真正的物物相连来说具有奠基性的作用(陈根等，2016)。

2.4.2 其他信息设备

2.4.2.1 车载设备

车联网系统是一个"端管云"三层体系。端系统是汽车的智能感知器，用于采集和搜集车辆的信息，感知行车状态与环境，是具有车内通信、车间通信、车网通信的泛在通信终端，也是让汽车具备 IOV 定制和网络可信标识等能力的设备。管系统是用于解决车与车(V2V)、车与路(V2R)、车与网(V2I)、车与人(V2H)等的互联互通，实现车辆自组织和多重异构网络之间的通信与漫游，在功能和性能上保障实时性、可服务性与网络泛在性，同时它是公网与专网的统一体。云系统则包括了物流、客货运、汽修汽配、企事业车辆管理、保险、紧急救援、移动互联网等，是多源海量信息的汇聚，整个体系围绕着车辆的数据汇聚、计算、调度、监控和管理，能够实现虚拟化、安全认证、实时交互、海量存储等计算功能。

如图 2.30 所示，目前常见的车载设备包括车载 GPS 导航、车载多媒体设备、车载传感设备、车载通信设备和车载计算机等，随着生活水平的提高，更多、更智能的设备会被加入到车辆中。其中，车载 GPS 导航设备和车载通信设备能够将道路、车辆和驾驶员联系起来，使得驾驶员能实时知道自己所处的地理环境、交通状况等，帮助人们准确、快速、方便地到达目的地。而车载多媒体设备则为乘客提供更加舒适的乘坐体验，车载媒体既能播放本地的音乐和视频，又能通过网络设备接入互联网，或是通过蓝牙等近距离通信技术与手机相连，满足用户的需求。在未来，智能车载设备还能根据乘车人的需求将未播放完的音视频切换到其他设备中，

实现异构设备之间的同步通信。而其他传感设备则能够感知距离、压力、光线等因素,对车辆的形式状态进行监控,通过车载计算机的识别,还能对车辆运行状况进行提醒或调整,为车辆的安全驾驶和舒适驾驶提供保障。



图 2.30 常见车载设备示意图①

2.4.2.2 医疗设备

新型信息化技术是解决中国医疗服务需求的关键手段。智慧医疗融合了物联网、云计算与大数据处理技术,以“感、知、行”为核心。“感”即以物联网技术为基础,利用多种传感器实时跟踪各种生命体征数据并通过无线网络技术传送到医疗数据中心,能够长期、精确、便捷、及时、无创地采集各种人体关键生命体征数据是一个巨大挑战。

远程监护系统能够自动采集多项生命体征数据,自动将数据上传至医院控制中心,实时分析数据并预警。用户通过多种便携设备,可以不受时间与地点的限制,方便采集数据。医疗设备的互联互通是实现医疗卫生信息技术更智能、更安全、更有效的关键所在。

目前开发出的利用多传感器进行数据采集的无线传感器网络系统,能够对人体行为模式进行监测,比如坐、站、躺、行走、跌倒、爬行等。该系统通过在人体的关键特征部位安装传感器节点,实时地将人体因行动而产生的三维加速度消息进行提取、融合、分类,并协同分析得出用户的行为。

现在还设计了心脏功能实时监护系统,克服了传统的仪器设备携带不便,不利于长时间收集数据、无法实时反馈的缺点。该系统由心电图收集器、手机和医疗服务中心三部分构成,心电图收集器是一种高精度、小体积、低功耗、高度自动化的便

① 图片来源:http://www.360doc.com/content/13/0227/10/235269_268161444.shtml。

携设备,能够测量心率等生命体征数据,并将数据传输至手机。然后手机通过无线网络实时将数据传送给医疗服务中心,对数据进行分析后,将发现的异常情况报告给医生和患者。

与心脏功能实时监护系统类似,睡眠监护系统也可以用来监控和及时处理其他专业性要求高的病症,其原理是分析不同监控指标的变化模式,有效为用户服务。

此外,RFID 技术可以对药品、血液、卫生、耗材、医疗器械生产、配送和管理等给予良好的支持,更好地服务于医疗体系。

图 2.31 所示是易联科技设计的智能医疗发展框架,通过传感器将用户数据上传至云端,并实现用户与医疗机构的通信,打破时空限制,代表了未来的发展方向。如今,医疗物联网的发展日趋成熟,已进入产业化阶段,但在存储、管理、分析、隐私等方面需要进一步的完善。相信智能医疗能够帮助传统医疗取得更大的突破。



图 2.31 智能医疗连接示意图[①]

2.4.2.3 智能家居

智能家居(Smart Home,Home Automation)是以住宅为平台,利用综合布线技术、网络通信技术、安全防范技术、自动控制技术、音视频技术将家居生活有关的设施集成,构建高效的住宅设施与家庭日程事务的管理系统,提升家居安全性、便利性、舒适性、艺术性,并实现环保节能的居住环境,如图 2.32 所示。

智能家居通过物联网技术将家中的各种设备(如音视频设备、照明系统、窗帘控制、空调控制、安防系统、数字影院系统、影音服务器、影柜系统、网络家电等)连接到一起,提供家电控制、照明控制、电话远程控制、室内外遥控、防盗报警、环境监

① 图片来源:http://www.kinglian.net/。

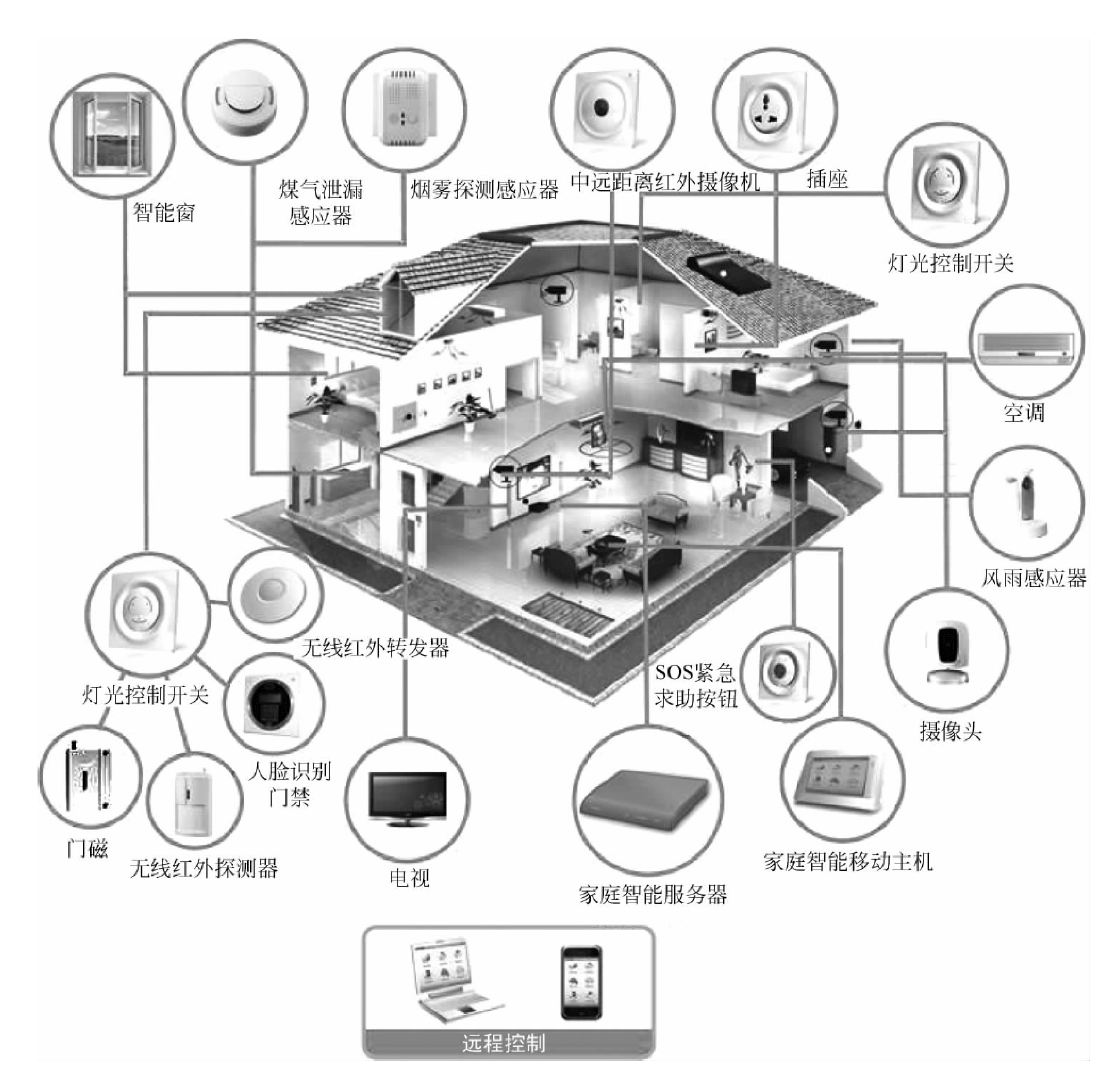


图 2.32 智能家居示意图①

测、暖通控制、红外转发以及可编程定时控制等多种功能和手段。与普通家居相比，智能家居不仅具有传统的居住功能，兼备建筑、网络通信、信息家电、设备自动化，提供全方位的信息交互功能，甚至为各种能源费用节约资金(杨振宇等，2014)。

随着智能家居的迅猛发展，越来越多的家居开始引进智能化系统和设备。智能化系统涵盖的内容也从单纯的方式向多种方式相结合的方向发展。

① 图片来源：http://www.hkdecoman.com/Hkdecoman/upload/hk2015-10-24/image/de12dbd2-fdb7-4804-8bcd-a06906ace530.jpg。

2.4.3　智能设备发展趋势

智能设备(Intelligent Device)是指任何一种具有计算处理能力的设备、器械或者机器(程贵峰,2015)。功能完备的智能设备必须具备灵敏准确的感知功能、正确的思维与判断功能以及行之有效的执行功能。随着物联网的发展,智能设备会在人们的生活、生产中扮演愈加重要的角色,对于提高资源利用率和生产力水平,提高人们的生活质量,都很有助益。除了设备本身在计算、感知、交互、续航能力等方面会进一步发展外,还有另外一些发展趋势。

(1) 横向智能化

设备自身各方面能力的提升,称之为纵向智能化,它能够利用硬件设备更多样的功能和强大的处理能力,以及内置算法的优化来提高感知效果,从而提高设备的智能化水平。在物联网中,除了要做到纵向智能化外,还需要在设备智能化的广度上进行提升,即横向智能化。它需要给更多的传统设备加入智能化元素,通过与其他智能设备之间的信息交互,以实现自身的智能化。例如,通过 RFID 技术将传统的医疗设备接入智能医疗网络,使其能够被感知甚至执行一些操作,都是横向智能化的体现。

(2) 感知深入化

传统的感知主要是对各种客观环境参数的感知,比如温度、湿度、磁场、光照等;智能手机和可穿戴设备的出现,则可以对人的行动、睡眠、心跳等进行感知。但是现有的感知还存在内容和精度上的不足,随着设备的发展,能够更精确地监测更多的指标。同时,智能设备还可以对人的社交和社会行为等进行感知,更为全面、更为精确、更为深入。

(3) 互联规模化

设备之间的互联互通既是即时信息共享的保障,也是相互协作完成既定任务的关键。通过网络将数量庞大的不同类型的设备连接起来,能够形成复杂系统,完成一定的任务。

(4) 数据价值化

智能穿戴设备的再兴起是互联网对传统模式的一次新的颠覆。当移动电话成功扮演了移动计算机的角色,当屋子里的互联网被成功地扩展到人们的身边,人们就产生了一股迫切而热情的动力去用互联网重新定义身边的一切。对于智能穿戴设备的制造商而言,依据各种传感器所搜集到的用户数据能够提供更多的附加服务,从数据中挖掘价值,并与用户隐私相平衡,这会成为以后的重要发展方向。

以上问题的解决会促进智能信息设备的进一步发展,当然此过程中也会产生其他的问题,需要一起努力去克服,让物联网真正成熟起来,为我们的生活服务。

2.5 本章小结

本章首先介绍了自动识别技术和传感器技术。在自动识别技术中介绍了一维条码，二维条码以及 RFID 技术，并对它们做了简单的比较。在传感器技术中，首先介绍了传感器的概念，然后引入无线传感器网络，并说明了一些无线传感网络中的关键问题以及应用。

物联网的各种属性中，有一个重要的信息就是位置。定位系统已经被越来越多的国家所重视，且定位技术的发展日新月异。在定位系统这一节中，介绍了 GPS 定位系统，蜂窝基站定位、室内精确定位等，核心思想即采取定位技术，智能化地确定物体的当前地理位置，同时利用移动通信技术和地理信息系统，向物联网中的其他智能物体提供与其位置相关的信息。随着科学技术的不断进步，特别是智能手机的不断普及，移动互联网技术方兴未艾，基于位置的服务 LBS 的发展将会更加迅速。

本章最后介绍了现有的便携式移动设备，主要包括 PDA、智能手机和智能穿戴设备，对它们的发展和现状进行了分析，并详细说明了目前主流的智能手机和代表未来趋势的可穿戴设备情况。同时，我们还介绍了车载设备、智能医疗设备和智能家居设备，通过不同传感器之间的协调工作，构建成一个网络来方便人们的生活。

思考题

1. 试列举身边用到的自动识别技术。
2. 试说明 GPS 定位系统的特点。
3. 结合自己的生活实际，列举几个室内定位技术的应用。
4. 观察自己身边有哪些智能设备，并说明它们的工作原理。

第3章

网络层技术

本章学习目标

- 理解物联网网络层的研究内容。
- 理解光纤通信技术、无线网络技术的内容。
- 理解移动通信网络技术内容及未来发展趋势。

3.1　光纤通信技术

光纤通信技术，指的是以电通信技术为基础，结合光子技术和电通信技术而成的先进的通信技术手段。20 世纪 70 年代初，我国就开始了对光纤通信的研究，随着技术的进步以及市场需求的增大，通信行业的发展和运行环境的变化促进了光纤通信的发展。光纤通信的诞生和发展是电信史上的一个非常重要的革命，它改变了传统的通信方式，满足了未来的市场需求和技术发展。光纤通信使得高速率和大容量的通信成为可能，同时不受各种电磁的干扰，有利于资源的合理利用。

3.1.1　光纤通信的发展现状

光纤通信的发展十分迅速，纵观我国管线通信的发展现状，可以分为以下几个方面(李国庆，2013)。

(1) 普通单模光纤

光纤可分为单模光纤和多模光纤。日常生活中常见的光纤是普通单模光纤，顾名思义，单模光纤只能传输一种模式的光，并且对光源的谱宽和稳定性均具有较高的要求。光通信技术的进步，使得符合 G653 规定的单模光纤和符合 ITUTG654 规定的截止波长的单模光纤对 G652. A 光纤的性能进行了进一步的优

化和提高。

(2) 接入网光缆

光纤接入网是指以光纤为主要媒质来实现信息传送的接入网,它具有分支多、分差频繁、距离短等特点。光纤接入将逐渐替代原有的电缆,成为通信接入网未来的发展方向。由于管道内径的限制,通常情况下,会通过增加管内的光纤芯数量和光纤的集装密度两种方式来增加网络容量。

(3) 室内光缆

室内光缆是指对光传输载体采用一定的技术手段将其处理而形成的线缆,它需要同时支持数据、语音和视频等信号的传输。室内光缆主要分为两大部分,分别是综合布线与局内光缆。综合布线的光缆主要是供用户使用,一般放置在室内的用户端。而局内光缆则通常放置在中心局或者是其他各类的电信机房内。室内光缆由于受到建筑物本身的限制以及材料多样化等影响,相对较为复杂。室内光缆的传输速率很高,且信号稳定,具有一定的抗干扰性。

(4) 通信光缆

通信光缆是电力系统中最理想的通信线路,它包括多根光纤芯、缆芯和外保护层。通信光缆传输信号主要是依赖电流,在数据信息传输方面具有一定的优越性。

(5) 塑料光缆

塑料光纤由于其低廉的成本、较快的传输速率,成为优质的短距离信息传输介质,在我国得到了广泛的应用。塑料光纤的传输主要利用了光的全反射原理和光在塑料纤维内的跳跃,在数据传输系统领域具有庞大的潜在市场。塑料光纤可应用于海底,海底光纤使用绝缘材料来包裹导线,并在其两端采用激光器,从而节约了成本。

3.1.2 光纤通信的特点

光纤通信的发展主要得益于以下几个特点(李国庆,2013)。

(1) 频带宽,容量大

光纤具有宽频带特点,如单波长光纤通信系统通过密集波分复用的技术,解决了光纤通信设备的带宽瓶颈问题,增加了光纤传送的信息量和传输速度,从而促进了光纤宽带的进一步发展。目前,光纤的传输带宽高达 50 000GHz,光纤通信的高速率商用线路的传输速率主要为 40Gb/s,而使用的单信道的传输速率最高可达 160Gb/s。一根光纤通信的容量已经达到了 100Tb/s,这相当于 1 秒可传输时长达 3 个月的高清电视的信息量。

(2) 损耗低,传输距离远

光纤的损耗率与普通的通信相比,要低得多。目前,光纤的损耗最低可达 0.2dB/km。光纤通信也在长距离传输中占据明显优势,其通信距离最长可达到一

万米以上。光纤中继放大器的间距可达一百多千米。与之相比，传统的铜电缆中继放大器间距仅为几百到几千米。

(3) 抗干扰能力强

光纤通信的抗电磁干扰能力强。其主要成分是石英，由于石英具有极强的绝缘性和抗腐蚀性，不会受到电离层的变化、太阳黑子的活动以及雷电等电磁的干扰，因此给光纤通信技术带来了极大的优势。

(4) 安全性和保密性高

光纤传输的主要原理是利用广播的全反射原理，极少发生光波泄漏的现象。同一光缆内的不同光纤线之间也不会相互干扰。因此，光纤通信的保密性和安全性非常高，同时，也具有很强的抗干扰能力。

此外，光纤还有体积小、重量轻、价格低廉、稳定性好、使用寿命长等多种特点。光纤通信的优势明显，使它在当今社会中得以广泛的应用，且具有巨大的发展前景。

3.1.3　光纤通信的发展趋势

光纤通信技术是现代化信息时代的必要存在，未来的发展趋势十分可观，其涉及的可发展趋势可从以下几个方面进行探讨(李国庆，2013)。

(1) 超大容量，超长距离

波分复用技术(Wavelength-Division Multiplexing，WDM)通过增加单根光纤中传输的信道数量，来提高光纤传输系统的传输容量。目前，大量应用的波分复用系统的传输速率已高达1.6Tbit/s。时分复用技术(OTDM)通过提高单个信道的传输速率来提高传输容量，目前，其单信道速率最高可达640Gbit/s。然而，仅仅通过波分复用技术和时分复用技术很难实现对光纤通信的传输速率和传输容量的进一步提高。因此，必须要同时结合波分复用技术和时分复用技术，只有这样，才能大量提高光纤的传输速率和容量。

(2) 光网络智能化

我国光纤通信技术一个关键的研发方向就是光网络智能化。随着计算机技术的迅猛发展，将实现网络技术和通信技术的完美结合。现代化的光网络不仅能够实现信息数据的传输，同时结合计算机的控制技术、自动发现功能和完善的自我保护修复能力，能够形成真正的智能化的光网络。

(3) 全光网络

全光网络指的是用光节点来代替传统的电节点，使得信号只有在进出网络的时候才需要进行电/光和光/点的转换，而在网络的整个传输和交换过程中，所有的节点将全部以光的形式存在。全光网络解决了传统的通信传输过程中面临的断电问题，提高了网络资源的利用率。全光网络是管线技术发展的最理想阶段，是今后

光纤通信网络的发展目标。

光纤通信技术是现代信息传送的关键手段，并且随着社会的发展，将越来越重要，我国应继续加强对光纤技术的研究，争取早日实现真正的全光网络时代。

3.2　无线网络技术

物联网要对世界上的所有物体均做到有址可循，有效地将物理世界同信息世界连接在一起，各种移动设备之间的直接相连固然重要，而高速、便捷、可靠、覆盖范围广、传输速度快的无线网络也具有重要的意义和作用。无线网络解决了有线设备对接入设备的位置限制，节省了电缆、光纤等有线设施的成本。通过无线网络技术，可以非常方便地在无线信号覆盖范围内使用手机、平板电脑、笔记本等设备。无线网络技术也降低了传输通信的成本，使我们的通信更加低廉。

无线网络的基本元素组成有无线网络用户、无线连接和基站。基于元素，按照无线网络的覆盖范围和带宽从小到大的顺序，通常将无线网络划分为四大类，即无线个人区域网、无线局域网、无线城域网和无线广域网（刘云浩，2010）。

3.2.1　无线个人区域网

虽然无线通信带宽随指数增长，但是带宽还是越来越不够用。带宽越大，通信距离越长，其要消耗的能量就越多，需要的信号处理能力就越强。除了对高宽带的需求，如视频、高速下载等，人们还往往需要蓝牙设备、病情监控等，而这些需求对数据的传送量需求较少，宽带要求也不高，为了能较好地满足这些需求，实现对物联网的全面的互联互通，无限个人区域网应运而生。

无线个人区域网（Wireless Personal Area Networks）标准、技术和应用是当今网络技术研究的重点。它是在较小的范围内（约 10m），通过自组织的模式，为用户机之间建立相互通信的无线技术。无线个人区域网通过低速互联的标准实现近距离范围内移动办公设备之间的连接和通信。表 3.1 对不同类型的无线个人区域网进行了对比。

表 3.1　无线个人区域网的对比

名　　称	距　　离	频　　段	速　　率	耗电
红外线通信	约 1 米	3.4KGHz	几十 Kbps～1Gbps	极低
蓝牙	几米～百米	2.402～2.480GHz	1Mbps、几十兆速度	一般
ZigBee	几十米～百米	868.0～868.6MHz 902～928MHz 2.4～2.4835GHz	20Kbps、 40Kbps、250Kbps	较低

(1) 红外线通信

红外线(Infrared)通信技术传输数据是基于波长约为 875nm 的红外线。它是红外发光二极管所产生的红外辐射在经过塑料透镜时,产生聚焦的红外波束,对红外波束进行简单的开关调制,对数据进行编码。而硅光电二极管将接收到的红外波束转换为电流,对数据进行解码。

1995 年,红外数据协会(IrDA)对红外线通信的标准达成一致意见,超过 120 家厂商支持红外线通信标准,并在支持 Windows 95 的系统中集成应用。同时,红外线通信标准得到了个人计算机产业的大力支持。主要开发厂商,如微软、东芝和惠普等公司,推出了采用这种高速红外线数据通信笔记本和打印机等设备。1996 年年底,颁布了 IrDA1.1 标准,红外线数据通信最高速率达到 4Mbps,远远优于老式的串行和并行通信,成为当时最快的通信方式之一。

红外线通信技术具有成本低、功耗低、不需要频繁进行申请的优势,通常,红外线通信设备的体积也较小。但是由于其波长较短,对障碍物的衍射较差,因此,使用红外线通信时,必须要求设备之间可见,通信距离约为 1m 左右。据研究表明,截止到 2006 年,红外线通信技术每年的设备安装量约为一亿五千万套,并且保持每年 40%的高速增长。红外线设备应用覆盖范围较广泛,如电器遥控器、游戏、摄像头、汽车等领域。目前,主流的软件和硬件平台均提供对它的支持。红外线通信技术成熟,用户接受程度大。但是,由于其受限于通信距离、速率和可见性等方面,红外线通信逐渐被具有更低频率的蓝牙和 Wi-Fi 等取代。图 3.1 列出了一些较为常见的红外线通信设备。



图 3.1　红外线设备

(2) 蓝牙

蓝牙(Bluetooth)的名字源于一名 10 世纪的丹麦国王 Harald Blatand,据说在

① 图片来源: http://sucai.redocn.com/shenghuobaike_4089507.html。

② 图片来源: http://www.gome.com.cn/topic/15987/know/35695.html。

③ 图片来源: http://www.huakaida.com/ArticleShow147.html。

④ 图片来源: http://product.pconline.com.cn/pdlib/521799_bigpicture7905577.html。

他统治期间，将丹麦和挪威统一起来，并且把基督教带入了斯堪的纳维亚地区，将 Blatand 译为 Bluetooth，行业协会在命名这项新技术时，使用了国王的名字，中文直译为“蓝牙”。他们想要像当年的国王统一多国一样，统一很多公司的“短距离无线通信”技术和产品。

1994 年，Ericsson 公司对近距离的无线连接产生了极大的兴趣，看好无线连接的技术与市场，与 IBM、Nokia 和 Toshiba 公司倡议了开发一个短距离、低功耗、低成本通信的标准和技术，并将其命名为蓝牙无线通信技术。蓝牙技术一出现就立即引起了全世界的关注，它曾被美国《网络计算》杂志评价为“十年来十大热门新技术”之一，并被寄予厚望。1998 年 3 月，蓝牙技术成为 IEEE 802.15.1 标准。蓝牙通信不需要特意申请的工业、科学与医学频段，它的物理层采用跳频扩频相结合的调制技术，工作频率在 2.402～2.480GHz，数据传输率能达到 1Mbps 左右。通信距离在 10cm～10m，并且支持点对点，点对多点的通信。蓝牙技术广泛应用于移动设备，如手机、PDA、笔记本电脑和无线外围设备，如蓝牙键盘与鼠标、蓝牙耳机、医疗设备等不同的领域。如图 3.2 所示。



图 3.2 蓝牙技术应用设备

1998 年 5 月，Ericsson、Intel、IBM、Nokia 和 Toshiba 等公司成立蓝牙技术联盟(SIG)，目前有超过 1800 个成员，涉及各种产品制造商、芯片制造商和电信业等领域。它们着力于推广蓝牙技术。随着智能手机的迅速普及，以及蓝牙 v4.0 的出现，蓝牙在市场应用前景、功耗、安全性、连接性方面具有巨大提升。目前，蓝牙技术已经有多个版本，其数据传输率高达 480Mbps，传输距离达到几十米。蓝牙技术作为连接手机和外围设备的标准手段，在未来的发展中一定会有爆炸性的市场

① 图片来源：https://detail.1688.com/pic/521804515278.html?spm=a261y.7663282.1998411378.1.VOLKeg。

② 图片来源：https://detail.tmall.com/item.htm?id=529560388516&ali_trackid=2:mm_14507426_6694867_34704157:1468551189_255_7659377。

③ 图片来源：http://product.pconline.com.cn/pdlib/554188_bigpicture8939512.html。

④ 图片来源：http://product.pconline.com.cn/pdlib/605048_bigpicture10230020.html。

机会。

目前,智能手机的外围设备是关于蓝牙技术的一个新的研究设备,如 Nike 公司发明的 FuelBand 腕带,MIT 学生发明的 Amiigo 智能腕带,小米公司发布的小米手环,Apple 公司于 2014 年推出的 Apple Watch,华为公司于 2015 年推出的首款 Android Wear,即华为 Watch 等。智能手机外设及其应用是未来发展的趋势,在健康、运动、健身和医疗等方面具有广阔的应用前景。以小米为例,它可以记录我们的心跳,记录我们的睡眠时间,监控我们的睡眠质量,具有智能闹钟唤醒功能。在健身方面,小米手环可以识别并记录我们的运动,检测走路和跑步的效果,可以实时地查看运动量,并云端识别更多运动项目。如图 3.3 所示是一些常见的外围设备。



图 3.3　常见的外围设备

(3) ZigBee

ZigBee 名称源于蜜蜂的 8 字舞,蜜蜂通过肢体语言告知同伴食物位置等信息,构成群体间的通信网络,这种肢体语言就是 ZigBee。它是一项面向自动控制的低功耗、低价格、低速率、低复杂度的无线通信网络技术。ZigBee 与蓝牙技术相比,对通信技术的要求更低,同时网络节点数量、覆盖范围更大。

ZigBee,又称为 IEEE 802.15.4 标准,在 1998 年 3 月,IEEE 成立了 802.15 工作组,致力于研究无线个人区域网通信协议的标准化。IEEE 802.15 工作组具有 4 个任务组(Task Group,TG)。这 4 个任务组的具体工作如下:

① TG1 制定了 IEEE 802.15.1 标准,在蓝牙通信标准的基础上,主要解决了手机等设备的近距离通信问题。

② TG2 制定了 IEEE 802.15.2 标准,主要解决了 802.11 标准与 802.15.1 标准之间的共存问题。

---

① 图片来源:http://product.yesky.com/picture/860/860032/5184125.shtml。

② 图片来源:http://product.yesky.com/product/980/980416/pic.shtml。

③ 图片来源:http://product.yesky.com/product/907/907932/pic.shtml。

③ TG3 制定了 IEEE 802.15.3 标准，主要解决了在多媒体应用方面，WPAN 的高速率及其服务质量等问题。

④ TG4 制定了 IEEE 802.15.4 标准，为了实现低功耗、低成本和低速率的目标，为近距离设备之间的互联提供统一标准，主要解决了低速 WPAN 的应用问题。

ZigBee 有三个工作频段，分别为 2.4GHz（全球）、868MHz（欧洲）和 915MHz（美国），其传输速率分别最高可达 250Kbps、20Kbps 和 40Kbps，传输距离为 10～180m。ZigBee 作为一种无线通信技术，具有功耗低、成本低、时延短、网络容量大、可靠性高、安全性高等特点。在医疗保健、无线定位、家庭网络、工业控制等方面中具有广阔的应用前景。

3.2.2 无线局域网

无线局域网络（Wireless Local Area Networks，WLAN）指在局部区域内为用户提供连入互联网的无线网络连接。它是一种比较便捷的数据传输系统，利用射频技术，以激光、微波与红外等无线载波为传输介质，取代使用双绞铜线和光纤等网络，从而使得用户随时随地访问互联网，实现“信息随身化，便利走天下”的境界，如图 3.4 所示。无线网的工作模式有两种：一种是基于基站的，例如目前很多校园网在教室、图书馆、寝室等地方安装了接入无线局域网基站的设备。师生通过接入点来加入校园网，访问互联网，从而自由地在校园内使用智能手机、笔记本电脑等设备检索学校的文献资料，查阅文档，与好友网上互动。另一种是自组织模式，无需基站节点，能够自动组织成局域网络。比如在会议室内，用户的移动设备可以在不借助接入点的情况下，组成一个网络来实现文件等数据的传输。无线局域网的发展极为迅速，IEEE 802 委员会制定了一系列的 IEEE 802.11 标准，对无线局域网的服务质量、安全性、互联等方面制定了相关协议，致力于规范网线局域网环境。

无线局域网的应用需要三种硬件设备支持。(1)无线网卡。是无线局域网的接口，用于实现局域网内各个设备的连接和通信。(2)无线 AP。即无线局域网的接入点。(3)无线天线。利用无线天线，可以增强网络的信号，实现远距离设备的正常通信。

无线局域网发展十分迅速，已经在学校、企业、医院和工厂等场合得到了广泛的应用。克服了传统网络的缺陷，具有明显的优点。

(1) 安装便捷。能够最大程度地减少网络布线，可以通过接入点设备，建立局域网络，覆盖整个区域。

(2) 灵活性和移动性。在无线局域网中，接入设备的位置不受网络位置的限制，在局域网内，可以随时随地接入网络，并且，用户可以在移动的过程中同时保持



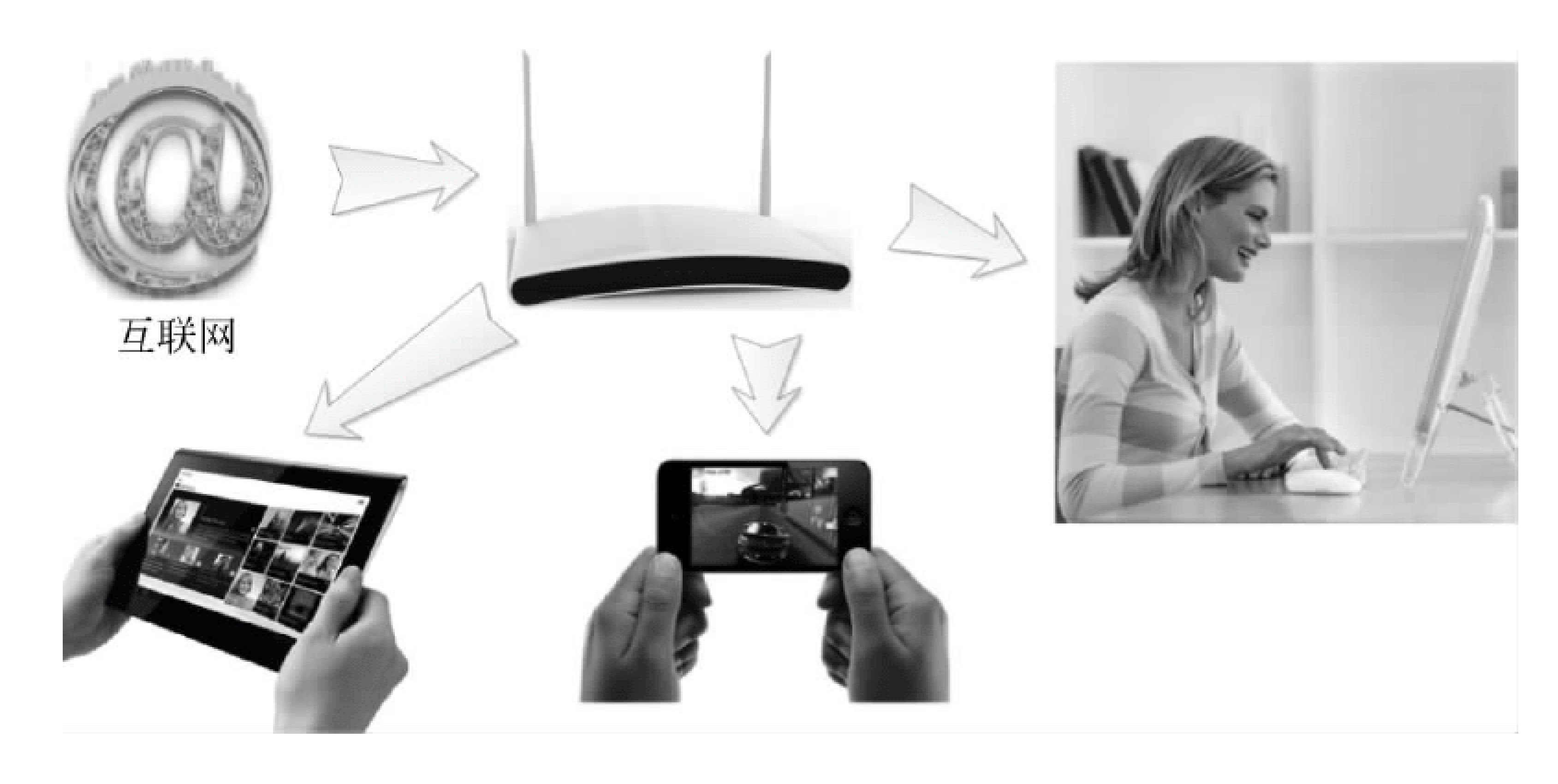


图 3.4　无线局域网的应用

网络的连接。

(3) 网络规划与调整非常容易。对于有线网络,地点或者网络拓扑的改变意味着需要重新进行建网和布线,而无线局域网可以避免这种情况的发生。

(4) 易于故障定位。有线网络如果出现物理故障,尤其是接触不良导致的网络中断,一般很难查找,且需要巨大代价。而无线局域网很容易找到故障发生的位置,更换设备即可恢复网络。

(5) 易于扩展。无线局域网的配置方式多种多样,可以在短时间内进行网络的扩展,并且能够实现节点间的"漫游"。

随着移动互联网和物联网的发展,无线局域网在给用户带来实用和便捷的同时,也存在一些缺陷。具体体现在以下几个方面。

(1) 速率。无线信道的传输速率比有线信道低很多,目前最大为 54Mbp,仅适合于个人和小规模网络。

(2) 性能。无线局域网通过无线电波来进行传输,因此一些建筑物等障碍物会影响电磁波的传输,从而影响网络的性能。

(3) 安全性。从本质上讲,无线信号是发散的,很容易并监听到无线电波范围内的信号,从而造成信息的泄露。

3.2.3　无线城域网

无线城域网(Wireless Metropolitan Area Networks,WMAN),顾名思义,它的信号可以覆盖整个城市区域。无线城域网是在无线局域网的基础上产生的,是由多个 WLAN 连接而成的。无线城域网能够有效地解决通过有线方式无法覆盖地区的宽带接入问题,能够根据业务需要来提供实时和非实时的具有不同速率要求的数据传输服务。图 3.5 所示是无线城域网宽带接入示意图。

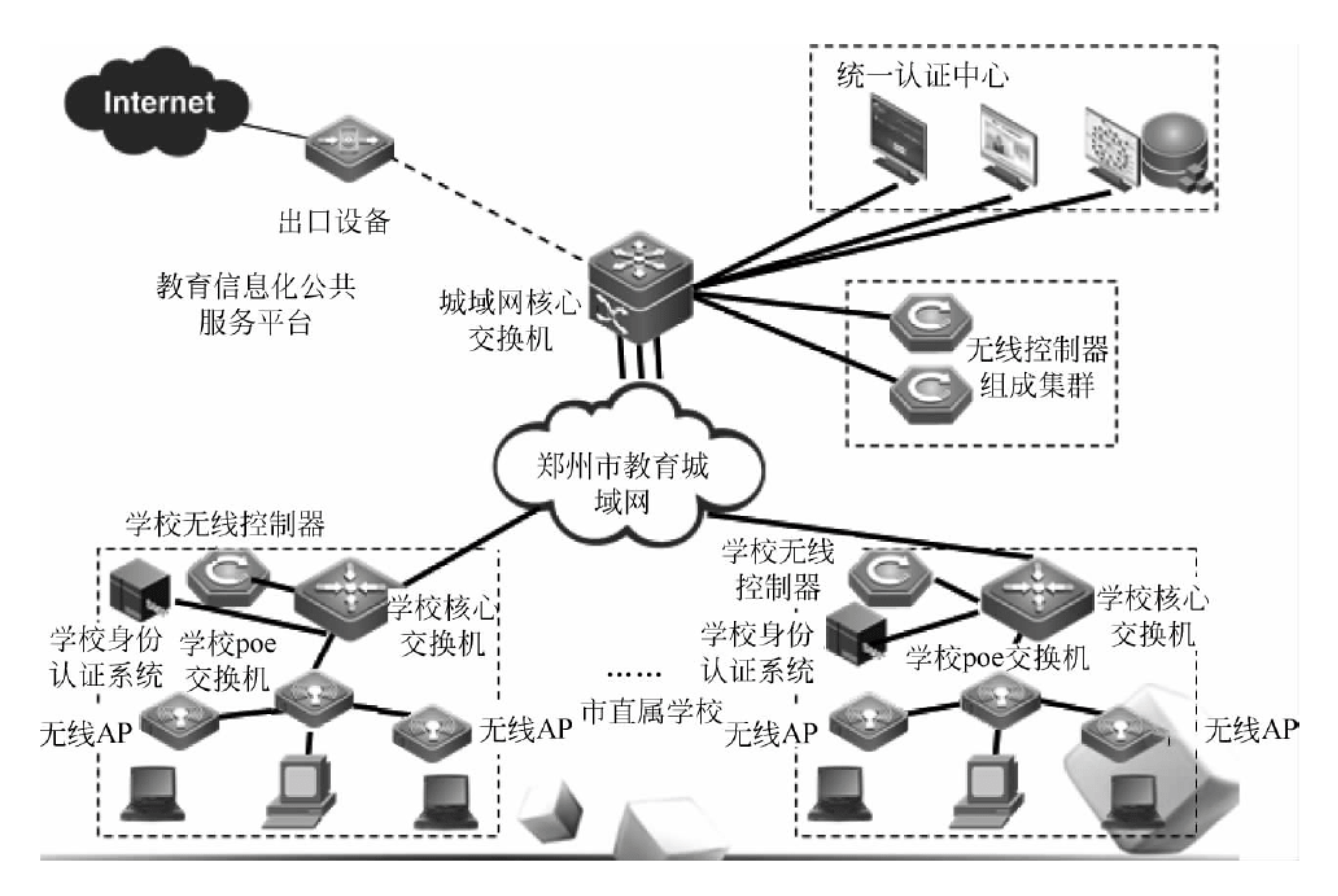


图 3.5 无线城域网的应用①

IEEE 委员会成立了一个工作组来研究关于无线城域网的标准问题，并公布了宽带无线城域网标准 IEEE 802.16，对 WiMAX 进行了规范。与 802.11 标准侧重于解决一定范围内移动节点的通信问题不同，802.16 标准的重点是解决城市内的建筑物之间的数据通信问题。无线城域网的主要技术是实现微波接入的全球互通。

3.2.4 无线广域网

无线广域网（Wireless Wide Area Networks，WWAN）是指能覆盖很大范围的无线网络，它的连接信号能覆盖整个城市甚至是国家。与其他无线网络相比，具有快速移动性。无线广域网具有两种信号传播途径，一种是通过通信卫星系统进行传播信号，另一种是通过地面上相邻的基站进行接力传播信号。目前，无线广域网的核心技术主要包括全球移动通信系统（Globle System for Mobile Communications，GSM）和码分多址（Code Division Multiple Access，CDMA）。GSM 标准包括 GSM 数据传输、GSM 语音通信、EDGE 等技术，在全球市场上占有约 60%的份额，WCDMA（Wideband CDMA）技术则作为 GSM 的 3G 更新标准被很多运营商使用，其数据的传输速率达到 2Mbps 以上。无线广域网使得用户在蜂窝网络的覆盖范围内使用智能手机、笔记本电脑以及其他移动接入设备方便快捷

---

① 图片来源：http://image.ruijie.com.cn/UIA/Solution/Images/2013/7-25/20137253630731.png。

地接入网络，进而访问互联网。

IEEE 802 委员会成立了 802.20 工作组，用于提高移动宽带无线接入的速度，并制定了 IEEE 802.20 标准。802.20 采用纯 IP 的体系结构，从网络到终端全部使用基于 IP 的通信协议。基于纯 IP 架构在处理突发性数据时，其性能优于现有 3G 技术。802.20 具有移动性高、频谱效率高、覆盖范围广、时延较短、传输数据高于 3G 技术等优点。

3.3　移动通信网络技术

3.3.1　移动通信技术的发展历史

移动通信技术在物联网的发展中扮演了极其重要的角色。据中华人民共和国工业和信息化部发布的数据显示，截至 2015 年年底，全国电话用户总数达 15.37 亿，其中移动电话用户累计达 13.06 亿。移动宽带用户达 7.85 亿，其中我国第四代移动通信网络(4rd Generation，4G)也发展得非常迅速，4G 用户高速增长，2015 年新增 4G 用户 2.89 亿，总数达 3.86 亿，移动互联网接入流量累计达 41.9 亿 G，同比增长 103%，物联网终端用户达 7928 万，同比增长 82.8%。

美国贝尔实验室于 1982 年发明了高级移动电话系统(Adwanced Mobile Phone System，AMPS)，提出了“蜂窝单元”。即 AMPS 将地理区域分为很多蜂窝单元，实现了统一频率的多次使用，又避免了频率冲突，充分利用了有限的无线资源。蜂窝单元使得移动通信系统呈数量级的容量增长，为移动通信技术的发展奠定了基础，如图 3.6 所示(刘云浩，2010)。

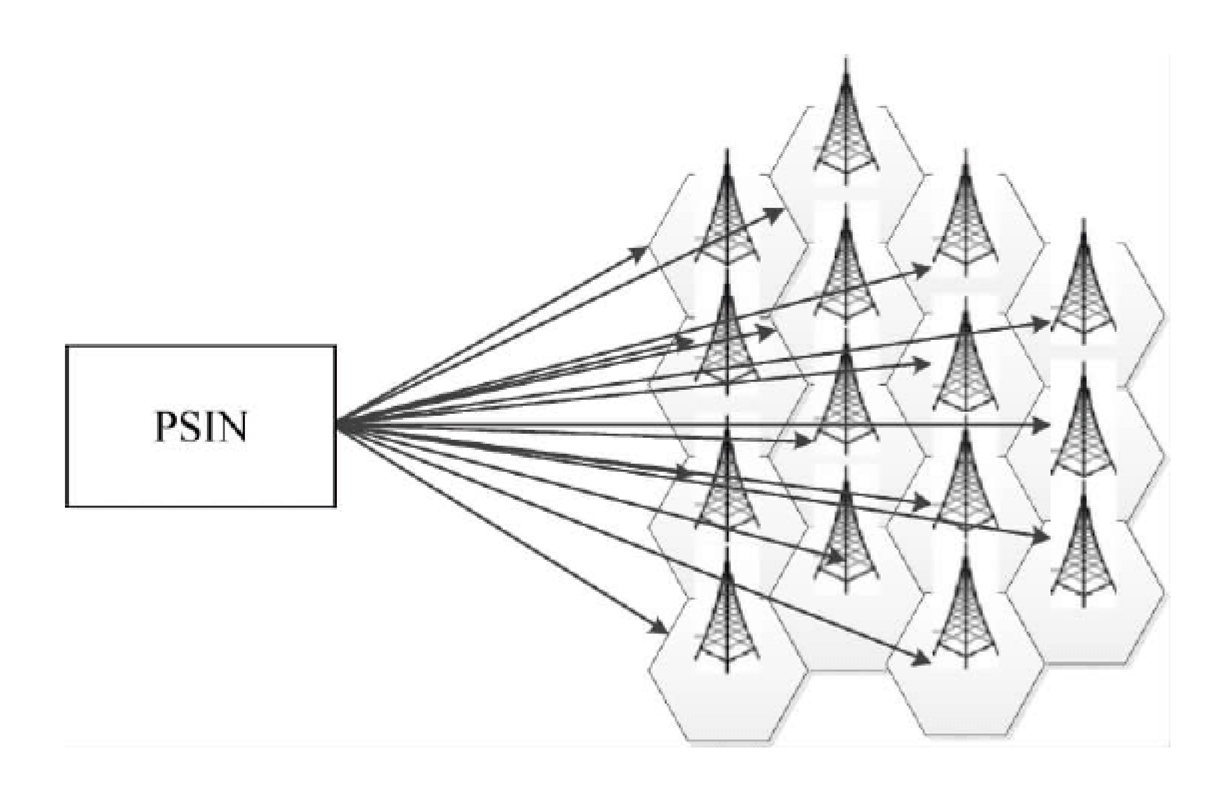


图 3.6　蜂窝系统

第一代移动通信技术(1G)通过将用户的语音信息转换为模拟信号进行传输，主要基于蜂窝机构组网，特点是业务量较小、安全性差、质量差、无加密和速度低。

1G 网络由于受带宽的影响，只能是一种区域性的移动通信系统，无法长途漫游。

蜂窝系统还包括码分多址数字无线技术(Code Division Multiple Access，CDMA)和全球移动通信系统(Global System for Mobile Communications，GSM)，它们均是第二代移动通信技术(2nd Generation，2G)，使得手机不仅能够进行传统的电话通信，收发短信等，还能够接入互联网，支持部分无线应用协议。

GSM 源于欧洲的移动通信技术标准，其开发目的是为了统一欧洲的移动电话网络标准。GSM 通过时分复用技术实现将一对频率分为多个时槽，提供给多个用户在不同时间内的共享，同时还利用频分复用技术实现每部电话不仅可以在一个频率上发送数据，并且还可以在另一个高出 50MHz 的频率接收数据的功能。GSM 支持自动漫游和自动切换，增强了全速率编码技术，保障了通信质量，具有较强的安全性和抗干扰力。

CDMA 采用了码分多址技术，在中国，CDMA 系统具有高速增长的庞大市场。CDMA 利用编码技术实现了分离多个同时传输的信号，保证了对时间和频段等资源的高效利用。CDMA 不会在时间上限制用户，也不用将整个频段分为传输率更小的窄带，可以从混合信号中提取所需要的信号，拒绝噪声信号。CDMA 具有抗干扰力、保密性好、安全性高、抗多径衰落、容量和质量取舍均衡等优点。

第二代移动通信技术主要是使用了数字语音技术，克服了 1G 技术的弱点，语音质量和保密性得到很大的提高。从 1G 到 2G 完成了模拟技术向数字技术的转变，但是 2G 技术只能在同一制式覆盖范围内漫游，因此无法进行全球漫游，同时由于带宽有限，其数据业务有一定的限制。虽然 2G 技术在不断完善，但是由于用户规模的壮大和需要的提高，无法真正意义上满足移动多媒体业务的需求。

第三代移动通信技术(3rd Generation，3G)不仅能够提供 2G 所有的业务，与 2G 有良好的兼容性，还提供了更加快速全面的多媒体业务内容，促进了移动互联网应用的发展。在 3G 发展初期，由于具有一定的市场风险，出现了 2.5G 的领域，包括高速电路交换数据(High Speed Circuit Switching Data，HSCSD)、GPRS 和 EDGE 等技术。

HSCSD 速度比 GSM 网络快 5 倍，满足 3G 的速度技术要求，通过编码范式和多重时隙实现了对数据传输量的提高，并提供不同的纠错方式。GPRS 改造了现有的基站系统，增加了部分功能，GPRS 采用分组通信技术，使得用户能够合理共享信道资源，且具备立即联机的性质。EDGE 与 GPRS 相比，更适用于 3G 的应用发展，号称 2.7G，主张充分利用现有的 GSM 资源。

2009 年 1 月 7 日，中华人民共和国工业和信息化部向中国联通、中国电信和中国移动发放了 3G 牌照，中国移动是 TD-SCDMA 牌照，中国联通是 WCDMA 牌照，中国电信是 CDMA 2000 牌照。随着 3G 牌照的发放，中国正式进入 3G 时代，

对于 3G 的详细介绍，见 3.3.2 节。

第四代移动通信技术(4rd Generation，4G)是继 3G 后又一次技术的演进，也是我们现在非常熟悉的通信技术。4G 技术集合了 3G 与无线局域网技术、无线个人区域网技术等，满足了人们更高的要求。4G 网络与 3G 相比，传输速率更高，能够感受到超越 10M 宽带的更好的体验，多媒体通信服务质量更高。4G 技术使得人们不仅可以随时随地通信，同时还可以双向下载并传递资料、视频等多媒体信息。对 4G 的详细介绍，见 3.3.3 节。

3.3.2　3G 技术简介

3G 是第三代移动通信技术，它结合了无线通信和国际互联网等多媒体通信，能够处理音乐、视频和图像等形式，提供电话会议、网页浏览和电子商务等信息服务。

(1) 3G 标准

上节介绍过，我国采用了三种 3G 标准，分别是 TD-SCDMA、WCDMA 和 CDMA 2000，接下来我们分别进行介绍。

TD-SCDMA(Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access)，与其他两种相比，它起步较晚。TD-SCDMA 融合了同步 CDMA、空分多址和软件无线等先进技术，灵活搭配频率和不同业务，提高频谱等有效资源的利用率，有 FDMA 和 TDMA 等技术的支持，抗干扰能力强，系统容量大。与其他两种标准不同，TD-SCDMA 利用了 TDMA 和 FDMA 限制系统的最大干扰，具有灵活的上下时隙配置，并且能够在单时隙中通过应用 CDMA 技术来增大系统容量，同时使用检测和 SDMA 技术跟踪客户终端信号，通过利用下行信号能量，最大程度地抑制用户之间的干扰。为了更好地服务于客户，实现资源利用最大化的目标，TD-SCDMA 使用动态信道分配的方式，根据用户的需求来实时地分配动态资源，如频率、码字和时隙等。动态信道的分配可以最大化地合理利用信道资源，适应网络中干扰和负载的变化，有利于 3G 网络中高速率多元化的信息传输业务。

W-CDMA(Wideband Code Division Multiple Access)技术主要把信息扩展为 3.84MHz 的宽带，并且能够在 5MHz 内传输。它包括 TDD 和 FDD 两种工作方式，FDD 工作覆盖范围大，可以在两个分离的对称频率信道上进行工作，而 TDD 工作范围较小，业务繁重。W-CDMA 支持高速率的数据传输和可变速率传输。W-CDMA 具有三条公共控制信道：携带系统和小区等特定信息的广播公共控制信道(BCCH)、传送消息到寻呼区的移动台的寻呼信道(PCH)、传送消息从基站到小区内移动台的向前接入信道(FACH)，以及两条专用信道：控制信道和业务信道，其中专用控制信道还包括主专用控制信道(SDCCH)和辅助专用控制信道

(ACCH)。W-CDMA 与 TD-SCDMA 不同,W-CDMA 可同时支持同步和异步的基站运行方式,并且能动态控制多种速率的传输,实现多媒体业务,减少了系统的多址干扰,增加系统的容量,同时降低了传输的功率。

CDMA 2000 结合了新的高速无线接入技术,提供了更好的因特网业务。它具有多个版本,CDMA 2000 1X 是 CDMA 2000 技术的核心,为了提升带宽,CDMA 2000 1X 添加了 HDR 技术,形成 CDMA 2000 1XEV,并分为两个阶段:第一阶段于 2000 年形成 CDMA 2000 1X EV-DO REV,并具有版本 A 和版本 B,版本 A 减少了切换引起的中断时延,实现了移动中的客户端的无缝切换,同时支持了很多新业务,如多媒体通信、可视电话和移动游戏等。版本 B 扩大了带宽,实现终端的负载平衡和频率选择,提升了前向和逆向的传输速率,提高频谱利用率,改善了上下行链路的性能,降低了终端的功率开销。第二阶段是 CDMA 2000 1X EV-DV,可以同时提供高速的分组数据和语音业务,也支持实时和非实时业务。

(2) 3G 特点和业务

3G 技术的特点就是移动和宽带相结合,支持高速语音和数据信号的混传,不仅可以实现基本的语音业务,同时也支持高速、实时的数据业务。3G 能够实现全球范围内的无线漫游,提供多种信息服务。3G 基本上提供八种类型的业务,如表 3.2 所示。

表 3.2 3G 业务分类表

业务类型	实例	业务类型	实例
会话类	普通电话	娱乐类	在线游戏
	视频电话		视频点播
	会议电视		音乐点播
信息类	Web 搜索		娱乐下载
	Web 浏览	定位类	高精度定位
	多媒体新闻		基于小区的定位
	天气预报、股票信息	移动企业类	集团短信
消息类	短消息		移动企业接入
	多媒体短信	移动商务类	移动小额支付
	电子邮件		移动大额支付
	移动消息	IP 多媒体类	网络 SIP 电话
	基于版权管理的内容		即时通信

3.3.3 4G 技术简介

第四代移动通信技术(4rd Generation,4G)是继 3G 技术后的又一次无线通信技术的演进。与 3G 相比,4G 的功能更为强大,智能化程度更高,除了通话的基本功

能外，在多媒体应用方面更为广泛和高速。4G 的传输速率最高可达 100Mbp，是 3G 移动电话传输速率的 50 倍，完全满足用户的上网需求。

LTE 技术是 3G 到 4G 技术的一个过渡技术，也被称为 3.9G，它包括两种模式：LTE FDD 和 LTE TDD，其中 LTE TDD 就是 TD-LTE 技术，为我国引领发展的技术。FDD 采用频分复用的方式进行双工，其上下行链路为固定频谱分配，需要频谱隔离热度，而 TDD 采用时分复用进行双工，不需成对的频带来进行资源支持，灵活性非常强。TD-LTE 与 LTE-FDD 相比，在芯片、统一标准和统一终端方面具有明显进展。TD-LTE 采用正交频分多址（OFDMA）技术来有效对抗宽带系统的多径干扰。OFDM 技术将频域内给定的信道分为多种窄的正交子信道，在每个子信道上，使用一个子载波进行调制和并行传输，从而消除信号波形间的干扰。OFDM 能够自适应地分配传输负荷，从而优化总传输速率。OFDM 技术具有简单灵活、支持不同带宽、抗多径干扰、具有高效自适应调度、频谱利用率高等优点，是公认的 4G 核心技术之一。

由中国主导的移动通信标准 TD-LTE-Advanced 正式成为了 4G 国际标准，标志着我国在移动通信标准制定领域方面走在世界前列，为后续发展和国际化奠定了重要基础。4G 集 WLAN 和 3G 技术于一体，可以传输高质量视频图像等多媒体应用，满足几乎所有用户对无线服务的要求，用户不仅可以随时随地地通信，还可以双向下载各种资料、图像和视频等，给人们带来更便捷舒适的体验。具体来说，4G 技术具有如下特点（邓永红，2005）。

（1）通信速度更快。4G 通信具有更快的无线通信速度，最高可达 100Mbps，不仅能够进行通话，还能够传输视频图像等数据。

（2）网络频谱更宽。据 AT&T 公司研究 4G 通信的专家所说，每个 4G 信道将会占有 100MHz 的频谱，这相当于 W-CDMA 3G 网络的 20 倍之多。

（3）智能性能更高。这不仅表现在 4G 终端设备的设计和操作具有智能化，更多的是 4G 手机能够实现许多超乎想象的功能，例如，它能够实时提醒用户在特定环境下应该做什么事情、能够把电影院售票和座位情况显示出来并供用户购买，可以流畅地观看各种电视直播和视频。

（4）兼容性更加平滑。通过其通信的基础，用户可以轻易过渡到 4G 通信，具有全球漫游、接口开放、可连接到多种互联网、终端多样化、与 2G 和 3G 系统兼容等优势。

（5）通信更加灵活。4G 手机不仅可以实现语音通话，还可以进行视频通话等多种通话，4G 手机更像是一个小型的电脑。4G 手机可以双向下载资料和影像，与陌生人联网打游戏。

（6）具有各种增值服务。3G 移动通信是以 CDMA 作为其核心技术，而 4G 则

是采用 OFDM 技术,这种技术可以实现数字视频广播、数字音讯广播等无线通信的增值服务。

(7) 频率使用效率更高。4G 与以往的技术相比,引入了许多突破性的强大功能技术,其无线频率的使用较之 2G 和 3G 更加有效,从而使得人们能够利用这种技术做更多的事情。

(8) 具有更高质量的多媒体通信。4G 技术能满足在其通信质量、覆盖范围、高速数据和高分辨率的多媒体服务等方面的要求,可以提供无线多媒体通信服务,容纳市场庞大的用户数量。

(9) 通信费用更加低廉。通信运营商对 4G 在 3G 基础上采用逐步引入的方式,能够有效降低运营商和用户的费用。

3.3.4 5G 技术

4G 技术的发展以及在国内的普遍应用,对整个信息产业的影响非常大,然而,随着技术的发展、日益增长的数据流量和智能终端的普及,使 4G 在速率、容量、频谱等方面越来越不能满足人们对网络的需要,第五代移动通信技术(5th Generation,5G)将会应运而生。目前,国内外纷纷提出了关于 5G 的需求和美好构想(余莉,张治中和程方等,2014)。

2012 年,欧盟正式启动了 METIS(Moblie and Wireless Communications Enables for the 2020 Information Society)项目,正式开始研究 5G 移动通信网络,除此之外,欧盟还启动了 5G-PPP,这是比 METIS 规模更大的科研项目,加速了欧盟对 5G 的研究和创新,并确定了欧盟在 5G 领域方面的主导地位;英国政府也与多家企业联合在 Surrey 大学成立了 5G 研发中心;2013 年韩国启动了 5G 项目 GIGA Korea;中国也于同年成立了 IMT-2020 推进组,同亚洲地区共同推进 5G 技术标准的发展(赵国峰,陈婧和韩远兵等,2015)。由此可见,5G 已经不可避免地成为了国内外在移动通信领域方面的研究热点。

5G 主要用于满足 2020 年及以后的移动通信需求,在移动互联网和物联网业务需求的共同促进下,5G 应具备低能耗、低成本和安全可靠的特点,传输速率将提升 10～100 倍,实现以终端用户为中心的通信服务,给用户带来极佳的体验,预计到 2020 年,物联网的应用将广泛普及,智慧交通、智慧城市、运动健身和智慧电网等要求 5G 支持超清视频、虚拟现实等应用服务,对通信延迟和无线接入的带宽具有更高的要求,从而快速实现人和万物的互通互联;5G 必须具备能够实时地提供准确应急的通信服务,同时,要具备更高效的移动性支持,为用户提供实时的网络接入等服务;为了提高对能源的有效利用,5G 应成为更低功耗的、绿色环保的移动通信网络。

5G 的网络关键技术虽然仍处于研究阶段，但是结合其基本需求和发展趋势，预计 5G 应具有如下关键技术（赵国峰，陈婧和韩远兵等，2015）。

（1）超密集异构网络。2020 年及以后，移动数据流量将呈爆炸式的增长，其流量增长高达 1000 倍，因此未来的无线网络需部署各种无线节点超过现有站点的 10 倍以上，在其覆盖区域内，站点间距离应在 10m 内，且每 1km 内具有 25000 用户，这样密集的网络将拉近终端与节点间的距离，大幅提高网络的功率和频谱效率，扩展系统容量，增强业务的灵活性。

（2）自组织网络。由于网络中存在各种无线接入技术，它们对网络节点覆盖能力都不同，未来的 5G 将面临网络的部署、运营和维护等方面的挑战，因此，自组织网络（Self-Organizing Network，SON）的智能化是 5G 必不可少的关键技术。自组织网络需解决网络部署阶段的子规划和自配置、维护阶段的自优化和自愈合这两项关键问题。自规划是动态地进行网络的规划并执行，满足系统的业务检测、容量扩展等需求；自配置即实现即插即用的功能，具有安装简易、低成本的优点；自优化可以减少业务的工作量，从而提升网络的质量和性能；自愈合能够自动检测问题、定位问题并排除故障。自组织网络能够减少运营商的支出和运营成本的投入，在网络效率和维护等方面具有明确的优势。

（3）内容分发网络。由于大规模用户的视频和图像等业务的急剧增大，网络流量会呈爆炸式的增长，如何有效地分发这些巨大流量的业务内容，降低用户获取的时延将成为运营商和提供商的一大难题，内容分发网络（Content Distribution Network，CDN）对其将具有重要作用。内容分发网络会综合考虑各节点的连接情况和负载情况等信息，缓解网络拥塞状况，提高响应速度和降低相应时间，实现用户就近获取所需信息。随着云计算等技术的推进，内容分发网络将趋于专业化和定制化，是 5G 的关键技术之一。

（4）D2D 通信。设备到设备通信（Device-to-Device Communication，D2D）可以提升系统的性能、减轻基站的压力、增强用户的体验等，是 5G 的关键技术之一。D2D 通信是近距离数据传输技术，它基于蜂窝系统，实现其数据不通过基站转发，直接在终端之间进行传输。引入 D2D 通信，可以减轻基站的负担、降低数据传输的实验、提升频谱效率等。然而，如何进行 D2D 通信和蜂窝通信模式的最优选择及模式切换、D2D 通信中的资源分配优化等问题都将是值得思考和研究的。

（5）M2M 通信。机器到机器通信（Machine to Machine，D2D）在物联网应用方面非常常见且实现了商业化应用，预计到了 2020 年，将会有超过 500 亿台 M2M 设备活跃在网络中，具有巨大商机，因此 M2M 技术对 5G 网络具有重要意义。广义上的 M2M 是指人、机器、系统之间的通信技术；狭义上的 M2M 仅指机器与机

器的通信。随着 M2M 终端和业务不断地涌入无线网络，其引起的无线网络拥挤和过载都将会影响用户的通信服务质量，造成用户无法接入等问题，并且在 M2M 通信中，小信息数据包导致了网络传输的效率降低，因此如何解决 M2M 设备带来的网络拥挤问题，如何延长 M2M 终端的续航时间将成为 5G 需要解决的问题。

（6）信息中心网络。信息中心网络（Information-Centric Network，ICN）指对多媒体通信信息的总集合，它包括信息的查找、转发和传递。ICN 是以信息为中心的网络通信模型，基于发布订阅的方式进行信息传递，其通信过程就是请求内容的匹配过程。ICN 与传统的 IP 网络不同，它忽略 IP 地址的作用，解决了 IP 网络中忽略用户地位，导致用户接收多余的垃圾信息等问题。然而，IP 网络具有极其广泛的覆盖范围，且运营时间较长，因此，如何将 ICN 与 IP 更好地结合是 5G 需要解决的难题。

（7）移动云计算。移动云计算是在移动互联网中引入云计算，是一种全新的信息服务或 IT 资源的交付和使用模式。在移动云计算中，将移动设备需要进行的复杂计算和数据存储转移到了云中，降低了对移动设备的消耗和存储等。同时，云中的数据等将存储在分布式计算机中，降低了数据丢失的概率，为用户提供了远程的安全服务。但是由于移动端和云中心之间的数据传输时间和带宽的不稳定，以及异构网络服务的无差别交互成为了 5G 需要解决的难题之一。

（8） SDN/NFV。SDN（Software-Defined Networking）/NFV（Network Function Virtualization）是一种新型的网络架构与构建技术，欧盟明确提出将 SDN/NFV 作为支撑 5G 网络开展的基础技术。SDN 分离出来网络设备的控制平面，将其放到具有网络控制功能的控制器上，从而实现集中控制并被上层的应用程序调用。SDN 可以简化基础设施，提升效率并降低运营成本。NFV 将解耦网络的逻辑功能和物理硬件，实现网络功能的虚拟化，灵活实现软件的加载，降低了基础设施的硬件成本。采用 SDN/NFV 技术，可以快速、便捷地部署新业务，简化网络层次，降低网络部署、运营和维护的成本。

（9）软件定义网络。目前，无线网络中具有大量的异构网络，如何实现这个异构网络的互通和资源优化，降低无线资源的浪费，是目前以后网络面临的巨大挑战。软件定义网络保留了 SDN 的核心思想，并对网络功能抽象、提供开放 API，从而为用户订制相关的服务应用。软件定义网络简化了网络设备，使得异构网络之间的互通更加容易便捷。

5G 是移动通信技术的又一次技术演进和创新，它将满足人们对高品质生活的追求，实现更高速的网络连接。对于 5G 网络，我们将怀抱更美好的期待。

3.4　本章小结

物联网的网络层用于连接感知层和管理服务层，具有强大的纽带作用，能够稳定、及时、高效、安全地传输感知数据与控制指令。网络是物联网产生和发展的最重要的基础设施之一。互联网是物联网的核心网络，本章着重介绍了网络通信的基本概念和技术，从有线通信到无线通信，再到移动通信网络，从这三个方面介绍了当前的网络通信情况，目前现有的无线网络的种类，以及移动通信网络的发展历程，深入探讨了光纤通信技术的发展和未来，并对未来的5G技术提出了美好构想，详尽阐述了网络层的结构和种类。

思考题

1. 列举光纤通信的分类，并简述其特征。
2. 试论述光纤通信的特点及发展前景。
3. 列举无线通信网络的种类，并简述其各自的具体应用。
4. 试阐述移动通信技术的发展历程。
5. 试列举4G技术的特征。
6. 试简述5G技术的关键技术。

第 4 章

大数据与物联网

本章学习目标

- 了解大数据的基本概念，包括大数据的特征、大数据分析的相关技术。
- 理解大数据与物联网的相关内容，包括物联网与大数据的关系、物联网产业应用大数据的相关技术、物联网应用大数据案例。

4.1 大数据概述

4.1.1 大数据的概念

“大数据”(Big Data)的概念是 20 世纪 90 年代提出的，最初只是对无法运用传统方法进行抓取、储存和处理的数据的统称。“大数据”这个术语可追溯到 Apache 公司的开源项目 Nutch。当时大数据用来描述更新网络搜索引擎需要同时进行批量处理或者分析的大量数据集。1980 年，著名的未来学大师、世界著名未来学家托夫勒在《第三次浪潮》中极力赞扬大数据为“第三次浪潮的华彩乐章”。不过，大约从 2009 年开始，“大数据”才成为互联网信息技术行业的流行词汇。美国互联网数据中心指出，互联网上的数据每年将增长 50%，每两年便将翻一番，而目前世界上 90%以上的数据是最近几年才产生的。此外，数据又并非单纯指人们在互联网上发布的信息，全世界的工业设备、汽车、电表上有着无数的数码传感器，随时测量和传递着有关位置、运动、震动、温度、湿度乃至空气中化学物质的变化，也产生了海量的数据信息。

目前。业内对大数据缺乏统一的定义，常见的大数据定义如下。

麦肯锡全球研究所给出的定义是：一种规模大到在获取、存储、管理、分析方

面大大超出了传统数据库软件工具能力范围的数据集合，具有海量的数据规模、快速的数据流转、多样的数据类型和价值密度低这四大特征。

维基百科对“大数据”的解读是：大数据，或称巨量数据、海量数据、大资料，指的是所涉及的数据量规模巨大到无法通过人工，在合理时间内达到截取、管理、处理，并整理成为人类所能解读的信息。

百度百科对“大数据”的定义为：大数据，指无法在一定时间范围内用常规软件工具进行捕捉、管理和处理的数据集合，是需要新处理模式才能具有更强的决策力、洞察发现力和流程优化能力来适应海量、高增长率和多样化的信息资产。

研究机构 Gartner 给出了这样的定义。“大数据”是需要新处理模式才能具有更强的决策力、洞察发现力和流程优化能力，从而来适应海量、高增长率和多样化的信息资产。

传媒专家刘建明教授认为：“大数据”同信息是不可分离的，是指巨大信息数量的统计与技术运作。作为人类认知社会方法的一次飞跃，“大数据”技术将给企业运营、政府管理和媒体传播的科学化创造有效机制。

在维克托·迈尔·舍恩伯格及肯尼斯·库克耶编写的《大数据时代》中，大数据指不用随机分析法（抽样调查）这样的捷径，而采用所有数据进行分析处理。

4.1.2　大数据的特征

随着互联网、物联网、电子商务、网络金融、现代物流等现代服务业发展，催生了智慧交通、智慧城市、智慧电网、车联网等产业的兴起，网络传输、存储、处理的数据量呈爆炸式的增长，其采集、存储、检索、分析、应用等诸多问题，传统的信息处理技术已经无法满足要求，严重阻碍了人类在数字社会、网络社会和智能社会的发展。截止到 2012 年，数据量从 TB 级别跃升到 PB、EB 乃至 ZB 级别。国际数据公司（IDC）的研究结果表明，2008 年全球产生的数据量为 0.49ZB，2009 年的数据量为 0.8ZB，2010 年增长为 1.2ZB，2011 年的数量更是高达 1.82ZB，相当于全球每人产生 200GB 以上的数据。而到 2012 年为止，人类生产的所有印刷材料的数据量是 200PB，人类历史上说过的所有话的数据量大约是 5EB。

大数据并非是容量非常大的数据集合，因为容量仅仅是大数据的一个特征，如果单单只是数据量问题，就不能深入地理解大数据的内容意义。对于大数据的特点，可以称之为 4 个 V。

Volume，数据量巨大。这种大已经不仅仅是前面数字的改变或者膨胀，而是后面单位的急剧变化。企业面临着数据量的大规模增长。例如，IDC 最近的报告预测称，到 2020 年，全球数据量将扩大 50 倍。目前，大数据的规模尚是一个不断变化的指标，单一数据集的规模范围从几十 TB 到数 PB 不等。简而言之，存储

1PB数据需要2000台配备500GB硬盘的个人计算机。此外,各种意想不到的来源都能产生数据。

Variety,数据种类繁多。随着传感器种类的增多以及智能设备、社交网络等的流行,数据类型也变得更加多种多样化,不仅包括传统的关系数据类型,还有我们浏览的网页,上传的音频和视频,以及我们发送和接收的E-mail等形式存在的未加工的、半结构化的和非结构化的数据。例如:Facebook每天都有数以亿计的状态更新,2012年1月,Youtube网站的视频日上传量就达到了40亿,每分钟上传视频长度约60个小时。

Velocity,流动速度快。之前的数据处理大多是在自己的计算机上,或者机构的大型计算机上进行,受限制于互联网的不够发达,传输速度不够迅速,数据流通量很小。如今网络已经足够发达,传输速度有了很大的提升,但是数据量也开始急剧增加,现在强调的是数据的快速动态变化,形成流式数据是大数据的一个重要特征。

Value,数据价值高。大数据由于体量不断加大,单位数据的价值密度就不断降低,然而数据的整体价值不断在提高。现实世界所产生的数据,价值数据比例很小。相比于传统的小数据,大数据最大的价值在于通过对大量不相关的各种类型的数据分析处理,挖掘出对未来趋势与模式预测分析有价值的数据,并通过人工智能方法、机器学习方法或数据挖掘方法深度分析,发现新规律和新知识,并运用于军事、农业、金融、医疗等各个领域,从而最终达到改善社会治理、提高生产效率、推进科学研究的效果。

4.1.3 大数据分析

数据的爆炸性增长,广泛、可用和海量的数据使得我们进入了数据时代。同时我们也深刻地认识到:互联网、物联网感知、移动互联网和拥有海量的数据不是目的。只有通过对这海量、动态的数据进行及时、高效地分析和挖掘、将数据转化为有组织的知识、变成宝贵的财富,产生重大的社会和经济效益,才能真正发挥数据的价值。收集并分析海量的各种类型数据,快速获取影响未来信息的能力,这就是大数据技术的魅力。可以说决定信息是否有价值的关键因素就在于分析方法的运用是否得当。大数据分析的方法大致有以下五个基本方面。

(1) Analytic Visualizations(可视化分析)

不管是对数据分析专家还是普通用户,数据可视化是数据分析工具最基本的要求。无论是动态还是静态的可视化图形,都为我们搭建了新的桥梁,让我们能洞察世界的究竟、发现形形色色的关系,感受每时每刻围绕在我们身边的信息变化,还能让我们理解其他形式下不易发掘的事物。可视化可以直观地展示数据,让数

据自己说话，让观众听到结果。

（2）Data Mining Algorithms（数据挖掘算法）

可视化是给人看的，数据挖掘就是给机器看的。数据挖掘是一种决策支持过程，它基于人工智能、机器学习、统计学技术，来自动化地分析数据，做出归纳性的推理，从中挖掘出隐含在数据中的、人们事前不知道的，但又潜在有用的信息和知识。这些算法不仅要处理大数据的量，也要处理大数据的速度。

（3）Predictive Analytic Capabilities（预测性分析能力）

预测性分析是从历史和交易数据探索规律，以识别可能的风险和商机，捕捉各个因素之间的联系，以评估风险及与之相关的潜在条件，为决策提供支持。数据挖掘可以让数据科学家更好地理解数据，而预测性分析可以让他们根据可视化分析和数据挖掘的结果做出一些预测性的判断。

（4）Semantic Engines（语义引擎）

由于非结构化数据的多样性带来了数据分析的新挑战，需要一系列的工具去解析、提取和分析数据。语义引擎需要被设计成能够从“文档”中智能提取信息。

（5）Data Quality and Master Data Management（数据质量和数据管理）

大数据分析结果有效性地保证来源于数据源质量和数据管理，高质量的数据源和高效的数据分级管理，无论是在科学研究还是在其他应用领域，都能够保证分析结果的真实性和有价值性。以上五个方面就是大数据分析技术的主要基础。

4.2　物联网中的大数据

随着物联网的应用普及，越来越多的传感器、RFID 等设备不断产生数据，基础设施的监控、智能医疗、环境感知、交通信息、智能电表以及各种移动设备上产生的数据不断汇入到信息网络，进一步紧密联系了信息和物理世界。物联网的数据是异构的、非结构的和有噪声的，与传统数据更大不同的是它的高增长率。物联网数据有明显的颗粒性，其数据通常带有位置、时间、环境和行为等信息。物联网数据可以说是社交数据，但不是人与人的交往信息，而是物与物，物与人的社会合作信息。物联网产生的数据是海量的，如何从海量的数据中挖掘出对社会和经济有价值的信息和知识，则需要新型的数据存储和技术。而大数据技术可为物联网上数据提供更深应用的支持。物联网自动收集来自感知层、传输层、平台层、应用层的非结构、碎片化的海量数据，然后将这些数据传送到云计算平台上进行大数据分析。物联网大数据真正的价值不在于拥有海量的数据，还在于能将物物相连所产生的庞大数据进行智能化的分析处理，生成商业模式。

物联网的血液是大数据，物联网的发展离不开大数据，依靠大数据可以提供足够有利的资源；同时，大数据能为物联网提供更大更多的应用场景。随着物联网、互联网、智能终端、云计算平台、移动互联网等技术的联合应用，物联网上的大数据可以帮助人们建立起智能的监控模型、智能分析模型、智能决策模型等应用，深刻地改变我们的生活。新时代的发展提出更高的要求，这是一种智慧化的新形态，其外在表现就是物联网，而其内涵就表现为大数据。简单来说，物联网的应用，其内在本质就利用了大数据。

4.2.1 数据特征

数据作为物联网传输信息的载体，其来源广泛，涵盖的内容丰富，产生的数据多种多样，相对于传统网络，物联网产生的数据有以下几个特点。

（1）海量性

物联网想要得到监测对象的目标数据，需要在一定范围内设置大量的节点。除了人与服务器之外，设备、物品、传感网、RFID 等都是物联网的组成节点，其数量规模远远大于互联网和移动互联网。据估算，一个中等城市 50 年所积累的医疗数据量将达到 10PB 级。单个摄像头每小时产生 3.6GB 的数据，全国摄像头数据超过 2000 万个，数据量将达到 EB 级。民航飞机上装有数以千计的传感器，每个引擎飞行 1 小时产生 20TB 数据，从北京到广州飞行将产生 100TB 数据，这些引擎状态数据在飞行过程中通过卫星传回发动机公司检测。北京公交一卡通每天使用量高达 4 千万人次，地铁 1 千万人次，北京交通系统每天数据增量为 30GB，存储量为 20TB；国家电网年均产生数据 510TB(不含视频)，累计产生数据 5PB。另外智慧城市的建设在交通、社区、环保、灾害监测等方面大量使用传感器节点，节点监测的目标不同产生的数据格式也不同，且物联网节点数据生成频率远远高于传统网络，比如医疗、交通等领域节点大部分处于全天工作状态，产生的数据呈指数式增长。因此，物联网的数据量如此大是前所未有的。

（2）异构性

物联网底层接入 RFID、车联网、传感器网络、GBS 等各式各样的网络，在众多的应用领域，不同类型的网络产生不同格式的应用数据，因此数据来源众多，存储方式多样，数据类型复杂，并且数据标准不统一。这些数据类型也不尽相同，包括结构化、非结构化和半结构化数据。例如天气、医疗数据大多是半结构化数据；人口、社保更多是结构化数据；而交通卡口、智能设备包含了大量视频、图像等非结构化数据。因此，物联网中数据的异构性更为突出。

（3）实时性

实时性是物联网数据的主要特点之一，实时性意味着数据能够更快地被汇聚

节点收集，处理并得到正确的分析结果。物联网涉及的应用范围广泛，从智慧交通、智慧物流、智慧医疗，到智能家居、安防监控、灾害预警等，数据的实时传输、实时处理保证了系统的有效性。例如，在物联网环境下智能医疗检测系统，如果不能及时将处理过的病人信息传递给医生，就不能保证医生根据病人体征指标的改变做相应的判断。

（4）增长迅速

物联网中大数据的第四个明显特征就是增长速度快，增量大。例如交通卡口数据，以北京为例，每天所有采集到的过车数量——每辆车过路口拍一张照片，会产生上千万张照片信息，约占几个 TB 的存储空间。

4.2.2　面临的挑战

物联网中的数据由于体量巨大、处理要求高，这对原有的生产工具和生产结构产生了极大的影响，即对传统信息技术和 IT 架构提出了严峻的挑战，从而引发一系列问题。

（1）如何采集和预处理

物联网中的数据来源广泛、结构复杂、格式各异，而且产生的频度不一样，这些数据中通常会含有异常、重复、乱序、不完整等数据错误，大量的错误数据会带来高额的处理费用，延长系统的响应时间，导致数据分析系统产生异常，降低决策支持系统的准确率，严重影响系统服务质量，难以支持上层应用，这就对采集系统提出了较高的要求。另外，大数据引入的另外一个问题就是数据质量，如何通过有效的数据预处理保证数据的一致性、精确性、完整性，同时还要保证多源异构数据的可用性和实效性是技术人员面临的另一个挑战。

（2）如何存储

物联网数据的爆炸式增长以及数据来源的多元化，使之前的存储系统设计已经无法满足大数据应用存储的需求。对于数据存储系统，物联网大数据引发几个方面的问题：第一，数据体量大，给传统的存储系统带来了不小的挑战；第二，面对不断增长的数据量和动态数据使用场景，如何及时存储、查询；第三，针对结构化、半结构化和非结构化的数据，管理复杂且成本成倍增加；第四，由于物联网数据增长速度较快，如何保证存储系统的灵活性，如何能够随着分析软件一起扩容及扩展。

（3）如何分析

要从海量数据中找到潜在的模式，需要进行深度的数据挖掘和分析，其复杂程度和计算要求，使得单一的计算模式不能应对所有的大数据计算问题，必须根据计算方式、性能及关联关系等方面的要求提出不同的计算模式。物联网对数据的深

度分析提出更高的要求，传统的数据查询难以表达这种深度的数据分析请求，同样面对海量的数据，传统的查询分析操作也已无法胜任。

（4）如何降低成本

存储技术发展带来的存储成本下降速度远远赶不上物联网数据增长的速度，现阶段，如果所有数据按照标准存储，在成本上还有巨大障碍。快速增长的数据规模及随之带来的高额成本成为制约物联网相关应用发展的重要因素。目前绝大部分企业采取缩短数据保存时限，通过降低数据存储质量的方法来降低建设成本，这严重降低数据的可追溯性和辨别价值。

（5）如何有效利用

针对物联网中的大数据的价值提炼，通常是对某一未知领域或事物的探索式考察的过程，如何对探索结果快速有效利用，发挥其最大价值，是值得人们思考的问题。

（6）如何保障安全

只要有数据，就必然存在数据泄露、数据窃取等与安全、隐私相关的问题。正如 Gartner 论断的那样："大数据安全是一场必要的斗争。"目前，大数据在收集、存储和使用过程中面临着巨大的风险和威胁，大数据需要遵守更多的、更合理的法规。

4.3 大数据技术在物联网产业中的应用

随着物联网的进一步发展，新的数据不断的产生、汇聚、整合，数据的增长已经超出人类的想象。传统的数据管理技术已经不能满足新形势下物联网产业的发展需求，基于大数据的智能处理技术由此应运而生。依托大数据处理技术，人们不仅可以解决物联网数据体量大而复杂的问题，而且能通过对数据的统计、分析来挖掘出有价值的信息。人们可以通过大数据技术方便地对物联网产品进行智能识别、跟踪、定位、监控和管理，物联网中海量信息的分析、处理等变得高效智能，有力地推动了物联网产业的发展。

目前大数据处理技术在物联网产业中主要应用于四个方面：数据采集、传递、处理、应用。数据采集与传递是大数据在物联网中应用的基础，是后续数据处理的必备条件，首先应用数据采集的手段，将数据收集起来，才能用到上层的数据处理技术。而数据的处理和应用是大数据技术的核心环节，面对规模庞大的数据信息，如不能及时、高效、正确地分析，将失去其存在的价值。

4.3.1 数据采集

数据的采集是大数据及其智能处理技术的基础，是大数据价值挖掘的重要的

一环。大数据的意义不在于掌握规模庞大的数据信息，而在于对数据的智能处理、从中挖掘出有价值的信息，前提仍然是拥有海量的数据。数据是知识的载体，当把数据放在一定的背景下，就能从数据认知到它要传达的信息；可以用数据挖掘的方法从数据中提炼规律、产生知识；可以用规律和知识去指导生产和经济运行过程，创造出更多的财富，从中获得更大的经济价值和社会价值。大数据时代，谁掌握了足够的数据，谁就有可能掌握未来，数据采集就是未来的资产积累。

物联网是通过信息识别采集设备，如传感器、RFID 技术、全球定位系统、红外感应技术等各种装置与技术，实时采集所需要监控、互动、管理的物体或者过程，采集其声、光、化学、生物、位置等各种状态和信息。比如智慧医疗通过传感器采集心率、血压等生理参数，随时对病人的病情进行监控；智慧农业通过传感器等相关技术实时地监测各种与农业生产相关的信息，如空气湿度、风向风速、光照强度、二氧化碳浓度等地面信息，土地温度和湿度等土壤信息，pH 值、离子浓度等土壤营养信息，植物生理生态数据、动物生理等动植物生长信息；智慧交通采集基于 GPS 的定位信息、交通摄像头的视频信息、交通卡口的图像信息和路口的线圈信号等。之后需要把采集到的各种数据进行清洗、过滤、去重等预处理并分类归纳存储。

物联网数据来源于各种传感器和监测设备，由于传感器的性能受到环境、功耗和寿命等因素的影响，造成数据缺失、异常、重复等问题，所以在数据采集过程中要将数据中不同种类和结构的数据如文本数据、关系数据以及图片、视频、音频等非结构化数据，进行清洗、转换、分类、集成，然后加载到对应的数据库存储系统如数据仓库或者数据集市中，成为联机分析处理、数据挖掘的基础。相对于传统的 ETL 处理工具，物联网大数据 ETL 处理工具面对的是体量巨大且增长迅速的数据，比如智能交通的摄像头、图像采集器，环保中用于监测环境的各种传感器，每秒钟都产生大量的数据，对数据的预处理需要实时快速，因此，在 ETL 的架构上和工具的选择上，也会采用如分布式存储数据库、实时流处理系统等现代信息技术。

4.3.2　数据存储

物联网海量数据的产生主要表现在两个方面，一是每个传感器、RFID 以及其他的智能设备每时每刻都在产生大量的数据，二是物联网中有数以亿计的物品，如物流中贴有 RFID 标签的商品在全世界范围内流通，它们每时每刻都在产生着大量的数据。物联网大数据已经远远超出了关系型数据库的管理范围，各种非构化数据逐步成为需要存储和处理的重要组成部分。在面对大量数据的导入导出、统计分析、检索查询方面，传统数据库的集中式的数据存储和索引，性能随着数据量的激增而急速下降，对于要求实时响应的统计和分析场景更是无能为力。比如物联网中的传感器数以亿计，要求对其产生的数据进行实时入库、查询和分析，传统

的 RDBMS 无法做到。面对海量的数据，传统的数据存储和处理方式是选择丢弃数据或者只处理一部分的热数据，对于需要及时响应的紧急事件、应急情景处理都是依靠大量的人工，这样大数据也就只能停留在"大"上，而无法发挥其内在价值。面对海量的、增长迅速的数据，存储系统应具备高可靠性、高扩展性、高可用性、自动容错、低成本和去中心化等特点。在这种情况下，一些针对非结构化数据管理系统应运而生。这些系统为了保证可用性和并发性，一般采用多副本的方式进行数据存储。为了保证低时延的用户响应时间并维持副本之间的一致性，采用较弱的一致性模型，并且这些存储系统提供了良好的负载平衡策略和容错机制。

(1) HDFS

HDFS 是 Hadoop 的分布式文件系统(Hadoop Distributed File System)的缩写，是 Hadoop 体系中数据存储和管理部分的关键。HDFS 的高容错特性，使它可以部署在低廉的硬件上。HDFS 简化了文件的一致性模型，采用流式数据访问，实现了高数据吞吐量，更适合那些有着超大数据集的应用程序。HDFS 放宽了对 POSXI 的要求，实现了对文件系统的流式访问。

HDFS 采用主/从框架。一个 HDFS 集群是由一个主节点(NameNode)和一定数目的数据节点(DataNode)组成，具体如图 4.1 所示。

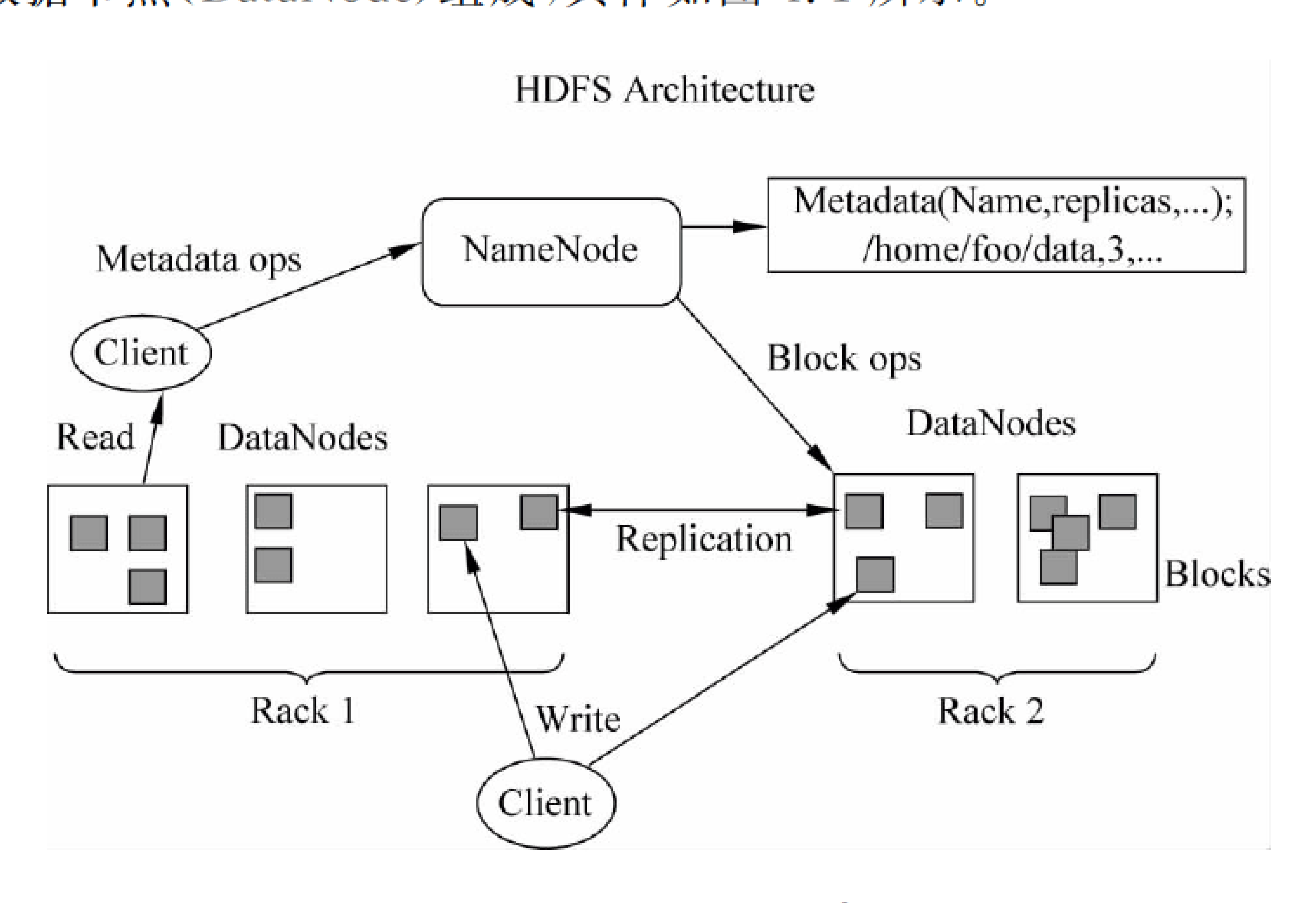


图 4.1 HDFS 框架[①]

① 主节点。

主节点在系统中充当"管理者"的角色，主要负责管理整个分布式文件系统的元数据以及管理客户端对文件访问的一些常用操作，比如文件的打开、删除、关闭、保存等，同时它还负责将数据块映射到对应的 DataNode 上。NameNode 监控

① 图片来源：http://bigdataweek.com/wp-content/uploads/2013/11/HDFS-Architecture.jpg。

DataNode 状态，两者通过短时间间隔的心跳来传递管理信息和数据信息。NameNode 依据定期心跳(Heartbeat)信息可以获知每个 DataNode 保存的 Block 信息、DataNode 的健康状况、命令 DataNode 的启动和停止等。如果 DataNode 不发送心跳信息，NameNode 将其负责的 Block 在其他 DataNode 增加响应备份以及维护数据可用性。

② 数据节点。

数据节点在文件系统中充当“工作者”的角色，负责实际数据存储和 I/O 工作。存储在 HDFS 的文件被自动切割成固定大小的块(Block)，然后将这些块复制到多个 DataNode。为了保证数据的可用性，每个 Block 会以备份的形式存储，默认备份个数为 3。

(2) NoSQL

NoSQL，泛指非关系型数据库，打破了关系型数据库的范式约束。NoSQL 数据库很大程度上解决了关系型数据库面临的挑战，能够支持模式不固定的结构化和非结构化数据，提供海量的存储能力、实时插入性能和查询检索速度，能够将数据存储无缝扩展到集群环境，并且能够实现在线扩展等。一般有四种非关系型数据库系统，即基于键值对的 NoSQL、基于列式存储的 NoSQL、图表数据库和基于文档的数据库。具体如图 4.2 所示。

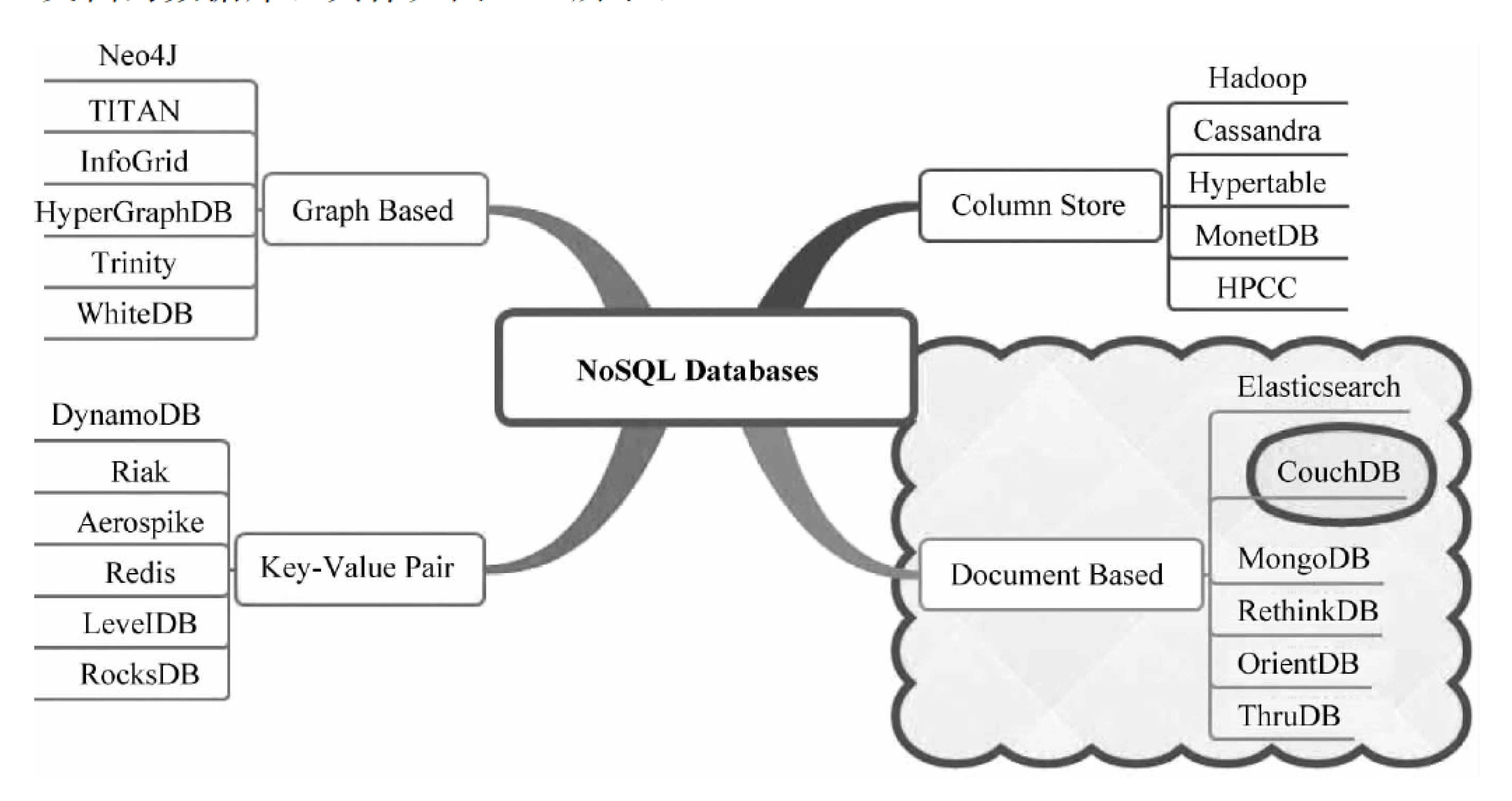


图 4.2　非关系型数据库分类[①]

① 图片来源：http://opensourceforu.com/wp-content/uploads/2016/03/Figure-1-NoSQL-Databases.jpg。

NoSQL 不一定遵循传统关系数据库的一些基本要求，比如遵循 ACID 属性、SQL 标准、表结构等。相比传统数据库，叫它分布式数据库更加贴切，数据存储简单而灵活，重点放在分布式管理上。

NoSQL 数据库主要特性如下：

① 易扩展。

NoSQL 数据库种类繁多，但它们去掉了关系型数据库的关系特性，使得数据之间无关系，这样就非常容易扩展。无形之中，在架构层面上带来了可扩展的能力。

② 大数据量，高性能。

NoSQL 具有非常高的读写性能，尤其在海量数据下表现优秀。这主要得益于它的无关系性，数据库结构简单。比如 Mongo 数据库，当数据量达到 500G 以上，Mongo 的数据库访问速度是 MySQL 的 10 倍。根据官方提供的性能测试表明，Mongo 大约每秒可以处理 0.5 万～1.5 万次读写请求，Voldemort 每秒超过1.5 万次读写，Tokyo Tyrant 每秒可以处理 4 万～5 万次读写，NoSQL 的性能远远高于传统数据库。

③ 灵活的数据类型。

NoSQL 不需要预先为要存储的数据建立字段，它可以随时存储自定义的数据格式。而在关系型数据库里，增删字段是一件很麻烦的事情。如果是大数据量的表，增删字段十分困难。

④ 高可用性。

NoSQL 在不太影响其他性能的情况下，可以轻松实现高可用性的框架，比如 Mongo 通过数据库的双向复制完成高可用性。

4.3.3 数据分析

物联网的数据分析是大数据应用的核心环节，该过程包含数据挖掘、知识发现、智能决策和控制等。物联网通过覆盖全球的传感器、RFID 标签等智能设备实时获取海量的数据并不是目的，只有对数据进行汇聚、整合、分析和挖掘，获取有价值的知识，为社会和经济提供智能服务才是我们真正想要的结果。大数据技术的价值体现在对物联网海量数据的智能处理、数据挖掘与智能决策水平上。大数据计算模式按照时间维度和数据处理方式两个方面进行划分。按时间维度可以分为实时计算和离线计算。

实时计算强调的是计算的实时性，即处理满足非实时计算要求之外，还需要能够实时响应计算结果。实时计算一般应用于两种场景，一是数据量巨大且不能提前计算出结果，但要求用户响应时间是实时的，二是数据源是实时的不间断的，要

求对用户响应查询也是实时的。面对物联网中海量的实时数据，它们实时性强、体量较大、数据格式多种多样，传统的数据库架构不能满足实际的需求。现有的实时计算框架一般采用海量并行 MPP 的分布式架构，数据存储及处理都分配到集群中的节点进行，以满足实时性的要求。

离线处理则与实时计算相反，对处理时间上没有强制要求，但一般计算量会相当大，处理时间较长。

从处理方式上来看，大数据处理可以分为流计算和批处理。

流计算一般是为实时计算场景所设计，传统技术通过缩短批处理间隔时间来实现准实时计算。流计算的数据是不间断产生，并且数据进入数据库就立即进行处理，一般会一直占用计算机资源部进行释放，以保证数据到来时能够马上处理。

批处理是指先收集数据，然后将数据放到数据库中，积累到一定量再进行处理。因此，该模式不要求对计算机资源的持续占用。

在实际的数据处理场景中，一般不存在离线计算和流计算相结合的场景。因此在整体上把大数据的计算模式分为离线批处理、实时交互计算和流计算三种模式。

(1) 离线批处理

目前离线处理平台主要是基于 Hadoop 的分布式框架。Hadoop 具有开源、易用等特性，是当前最受欢迎的云计算平台，是 Google 云计算框架 MapReduce 的开源实现，具有很好的稳定性和扩展性。Hadoop 采用数据分块记忆自动恢复机制，能够支持 PB 级数据存储，采用 MapReduce 分布式处理模式对数据进行分析和处理。MapReduce 是一种针对超大规模数据集的编程模型，借鉴了函数式编程的一些思想。MapReduce 可以很容易地将多个通用批处理任务和操作在大规模集群上并行，而且它带有自动化的故障转移功能。从 MapReduce 命名特点可以看出，MapReduce 包含两个阶段：Map 和 Reduce。Map 负责从输入文件中读取数据集合，进行过滤或者转化，并以(key，value)的形式输出数据组合。Reduce 以 key 记忆相对应的 value 列表作为输入，合并 key 相同的 value 值。MapReduce 的运行机构是主从式的，一个主节点通常对应多个从节点，任务分配由主节点负责，同时完成运行过程中资源的调用，Map 和 Reduce 环节任务的实际执行则由从节点完成。MapReduce 这样的功能划分和处理步骤，在分布式并行操作的环境里进行数据计算处理显得较为合适。开发人员只需要编写 Map 和 Reduce 两个函数，即可完成一个简单的分布式程序的设计工作。为程序员提供了较大的便利，即使不熟悉分布式并行计算编程的细节，也可以顺利地在分布式系统上运行其编写的程序。在 Hadoop 中，程序员通过 MapReduce 接口的算法设计对数据进行处理，处理过程中故障检测、并行执行、数据恢复与同步等问题都是自动完成。Hadoop 在数据存储

方面有功能强大的 HDFS 文件系统做支撑，这就是为什么用 Hadoop 作为很多分布式计算平台的原因。

(2) 实时交互计算

物联网数据规模的增长已大大超过了传统的数据库的承载和处理能力，因此一种能够支持面向大数据存储管理和查询分析的新技术和系统研究迫在眉睫。尤其是解决如何对体量极大的数据进行实时或准实时的数据查询分析能力，一般实时响应的要求为秒级。

Spark 是由加州大学伯克利分校 AMIP 实验室开发的实时数据分析系统，采用与 Hadoop 相似的开源集群计算环境，但是 Spark 在任务调度、工作负载优化等方面设计和表现更加优越。Spark 立足于内存计算，性能远远超过 Hadoop，即使使用磁盘，迭代类型的计算也会有 10 倍于 Hadoop 的提升。Spark 是利用 Scala 语言实现的，Scala 被用作其应用的基础框架。与 Hadoop 不同的是 Spark 和 Scala 能够紧密集成，其中 Scala 可以向操作本地集合对象一样轻松地操作分布式数据集。Spark 提供 Cache 机制来支持需要反复迭代的计算或者多次数据共享，减少了数据读取的开销，使其支持分布式数据集上的迭代工作和对数据的快速统计分析，这是对 Hadoop 的有效补充。Spark 可以通过 Mesos 的支持在 Hadoop 文件系统中并行运行。Spark 可用来构建大型的、低延迟的数据分析应用程序。

(3) 流计算

传统的数据操作，首先将数据采集并存储在 DBMS 中，然后通过 query 和 DBMS 进行交互，用户得到响应。整个过程中用户是主动的而数据库是被动的。但是面对物联网中众多实时应用场景，如来自医疗、环境、交通的数据实时性强、数量大，要求系统能够在毫秒级或秒级别完成响应，很明显传统的架构是不合适的。

流计算就是为这种数据类型准备的。在数据不断的运动过程中实时地进行分析，获得可能对用户有用的信息，并把结果发送出去。数据分析系统是主动地执行业务，而用户充当系统信息广播的接收方。在主流的实时流计算框架中，Yahoo 公司的 S4 系统以及 Twitter 公司开源的 Storm 系统比较有影响力。

S4 是一个通用的、分布式的、可扩展且高容错的流式系统。开发者可以很容易地在 S4 系统上面开发面向外界不间断流数据处理的应用。S4 可以由低端廉价的计算机组成分布式集群，集群处理内部不采用内存方式通信。S4 架构采用了 Actor 模式，提供了封装和地址透明语义，因此在支持大规模并发的同时，也提供了简单的编程接口。S4 不仅遵循 Actor 模式，而且也参照了 MapReduce 模式。S4 采用了对等架构，这样使得集群更容易部署和运维，从而达到很好的稳定性和扩展性。集群中的所有节点都是等同的，没有中心控制。对等架构使得集群有良好的扩展性，处理节点总数理论上无上限，更不存在单点容错的问题。

4.4 物联网如何应用大数据

现实社会中物理世界和数字世界是分离的，物理世界的基础设施和信息基础设施是分开建设的。在社会的发展进步中，我们不断设计和建设新的建筑物、高速公路、机场与公共交通设施，完善物理世界。另一方面，随着社会的信息化建设，不断组建宽带网络，建立数据中心，开发应用服务系统。物联网将我们身处的物理世界与数字世界融合在一起，帮助我们获得对物理世界的“透彻的感知能力、全面的认知能力和智慧的处理能力”。这种新的计算模式可以大幅度提高劳动力生产关系、生产效率，进一步改善人类社会与地球生态和谐、可持续发展的关系。

物联网就像人类的感官系统一样，通过物联网可以感知到物理世界的变化，可以看到数以亿计的传感器采集来自于医疗、交通、环境、农业、国防等各行各业的数据。而大数据就相当于人类的大脑，通过综合感知信息和存储的知识来做出判断，选择处理问题的最佳方案。在大数据时代，数据就是新能源，数据中蕴含着巨大的社会价值和经济价值。物联网产生大数据，然而如何从这海量的数据中分析挖掘出我们需要的信息和价值，这就需要用到大数据技术。可以说物联网离不开数据，所有物联网触及的领域都会有大数据的运用。

4.4.1 智慧交通

智能交通将先进的电子传感技术、数据通信技术、控制技术等技术手段运用于整个交通运输体系，充分利用大数据和智能识别技术，实现车辆的识别跟踪、交通流量分析控制、违章处罚及特殊车辆预警等应用。同时，大数据通过对交通流量的实时监控，能够实时提供交通信息，高效率配置车辆有效路径，提高交通运行效率，缓解交通堵塞问题。比如通过大数据技术对实时交通数据进行分析，进而实现对交通需求的预测，这样就可以提前预知路况并告知司机备选路径；通过手机或者网络，实时提供公交车行驶状况、客流情况及到站时间等信息。智能交通应用大数据主要是通过对交通流量信息实时分析和预测以及交通网络的优化来构建良好的交通运输环境，有效利用现有的交通设施，减少交通负荷及环境污染，保证交通安全，提高交通效率。

瑞典斯德哥尔摩采用了 IBM 的智能交通方案，由瑞典交通管理局、斯德哥尔摩等政府机构共同规划实施，并且取得了很好的成效，实现市内交通拥堵情况降低 20％～25％，排队时间降低 30％～50％，中心城区道路交通废气排放量减少 14％，废气排放量减少了 2.5％，二氧化碳等温室气体排放量下降了 40％。

4.4.2 智慧物流

随着物联网的发展，物流业也迎来了新的发展契机。物联网的概念，就是在物流行业叫响的。为了克服电子物流互联互通不充分、感知不及时的缺点，物流行业利用无线射频识别设备、传感器或全球定位系统等先进技术，与互联网结合起来形成一个巨大网络，以实现在这个物联化物流网络中的智能化管理。物联网技术覆盖智能物流运行的全过程，实现对物品从采购、入库、配送、运输等各个环节全过程的精准控制，将制造、采购、运输、库存的成本降到最低，利用信息流精确控制物流过程，使利润最大化。要实现物流行业资源配置的最优、业务流程最优，就必须采用大数据处理技术。智能物流通过对物流各个环节和过程不间断地监控和管理，能够实时掌握物流数据、客户需求、商品库存等信息，利用大数据技术对数据进行分析和挖掘，可以在极短的时间内做出反应，并拟制出详细的配送方案，通知各个环节开始工作，从而达到降低成本，减少库存和资金占压，提高物流行业整体的管理水平。由于物联化智能信息处理系统和智能设备的普遍应用，物流系统实现智能化采集实时数据，并利用大数据技术对物流数据进行分析和挖掘，为最终用户提供优质的信息和咨询服务，为物流企业提供最佳的决策支持。

4.4.3 智慧医疗

智慧医疗是将物联网应用于医疗领域，借助自动感知、数字化、可视化、大数据处理技术，实现感知技术、计算机技术、智能技术与医疗技术的融合，实现患者与医务人员、医疗机构、医疗设备之间的互动，使医疗服务走向智能化，推动医疗事业的繁荣发展。

当下国内公共医疗管理体系不完善，看病贵、渠道少、覆盖率低等问题困扰着大众民生。大医院人满为患，社区医院无人问津，就诊手续烦琐等问题都是由于医院信息不畅，医疗资源两极化，医疗监督机制不全等因素导致，这些问题已经严重影响社会和谐发展。智慧医疗的应用可以使居民通过智能手机、社区信息服务终端、个人计算机来实现预约挂号、在线咨询、双向转诊，社区医院可以分流大量不需要到大医院就诊的病人，切实帮助解决或缓解看病难问题。越来越多的市民关注身体健康状态，也有很强的预防意识，医疗公共服务平台可以通过各种传感器设备采集市民常用的健康医疗设备所提供的健康数据，对数据进行挖掘和分析，对处于不同健康状态的用户提供相应的预防和改善方法。比如一些智能穿戴设备可以收集用户的运动状态、睡眠情况、心跳等数据，通过网络上传分享，监督促进运动，并有效制定有针对性的健身计划。

银江婴儿安全系统是银江物联网技术的一次创新应用。在婴儿身上佩戴可发

送 RF 信号且对人体无害的电子标签，同时在医院内需要进行控制的区域安装信号接收装置；信号接收装置可以随时接收婴儿电子标签所发出的射频信号，并据此信号判断标签所处的状态，从而对婴儿所在位置进行实时监控和追踪，对企图盗窃婴儿的行为及时发出报警提示，配合门禁控制系统后更有效防止盗窃婴儿事件的发生。

4.4.4 智慧环保

智慧环保是互联网技术与环境信息化相结合的概念。“智慧环保”是“数字环保”概念的延伸和拓展，它是借助物联网技术，把感应器和装备嵌入到各种环境监控对象（物体）中，通过超级计算机和云计算将环保领域物联网整合起来，可以实现人类社会与环境业务系统的整合，以更加精细和动态的方式实现环境管理和决策的智慧。智慧环保通过在检测范围内部署无线传感器网络，对人类和环境有影响的各种物质含量、排放量以及各种环境状态参数检测，跟踪环境质量变化、确定环境水平，为环境管理、污染治理、防灾减灾等工作提供全面、客观、准确的环境数据，通过对环境数据的分析和挖掘，可以实时观测环境变化并预测变化趋势，及时作出相关的应急措施反应。智慧环保可以很好地满足公众对于环境状况的知情权，公众可通过环境信息门户网站了解当前环境的各种监测指标，公众可以通过环境污染举报与投诉处理平台，向环保部门提出投诉与举报，从而帮助环保部门更加有效地管理违规排污企业，保持环境良好。

4.5 本章小结

随着物联网产业的不断发展，数据在物联网产业中的应用将变得越来越广泛，未来的物联网产业必将朝着多元化的方向发展，本章首先介绍了大数据的相关概念，并对其数据特征和分析方法进行了阐述。接着，介绍物联网与大数据的关系，尤其对物联网产业各个环节用到的大数据处理的关键技术进行了介绍。最后对物联网应用大数据的实际案例进行分析阐述。

思考题

1. 从不同角度简述大数据对物联网发展的重要意义。
2. 总结物联网产业应用大数据的关键技术以及主要内容。
3. 尝试阐述物联网在其他领域应用大数据的场景。

第 3 篇

大数据物联网复杂系统应用举例

第5章

智能交通系统

本章学习目标

- 了解智能交通的基本概念，包括智能交通的产生背景、智能交通的定义、智能交通的架构和特点。
- 理解智能交通与物联网的相关内容，包括大数据物联网与智能交通的关系、智能交通应用物联网的关键技术、智能交通发展物联网的各方面需求。
- 了解智能交通的发展和展望，包括智能交通的机遇和挑战，以及智能交通的未来发展前景分析。

5.1 智能交通基本概念

5.1.1 智能交通的产生背景

交通是一个国家或地区经济和社会发展十分关键的命脉，更是一个与人们生活息息相关的问题。无论是国内还是国外，交通无疑是每个人日常生活的重要组成部分。早在19世纪60年代，英国伦敦安装臂板式燃气交通信号灯之后，实现交通自动控制和协调便成为交通管理中一个新的追求。20世纪20年代，美国开始城市化进程，汽车逐渐增多带来了严重的交通拥堵问题以及环境污染和安全隐患问题，这也是他们很早就开始研究智能交通系统的动力之一。到了20世纪50年代，美国丹佛市首次将模拟计算机以及交通检测器成功应用在交通信号灯控制上。十余年后，加拿大多伦多建立了世界上第一个使用计算机进行协调控制的交通信号灯控制系统，这也成为了智能交通控制技术发展的里程碑。智能交通由此迈入了一个崭新的阶段。

随着工业化和城市化的发展，交通基础设施不能满足日益增长的交通需求，薄弱的交通设施与机动车快速增长的矛盾日益突出。各国几乎面临相同的问题：交通拥堵、交通事故等屡屡发生，环境污染、能源短缺问题日趋严重。无论是发达国家还是发展中国家，用于解决交通问题的投入都很大，最传统的办法就是不断改造、扩建交通基础设施。对于我国来说，虽然近年来在城市道路和高速公路的建设上取得了非常突出的成绩，但交通拥堵问题依然是当今各个城市管理中十分棘手又急需解决的问题。因此，在快速发展交通运输的过程中，通过信息、通信、控制协调等先进技术解决棘手的交通问题是优化交通管理流程以及提高交通运输服务效率和水平的保证，同时也是智能交通系统的产生与发展强有力的技术保障。

5.1.2 智能交通的定义

智能交通系统（Intelligent Transportation System，ITS）一词指的是将通信技术和信息技术应用于交通基础设施、交通工具以及交通运输系统中，也就是对通信、信息和控制技术在运输系统中继承应用的统称（邹力，2012）。建立一种全方位的，实时、准确的综合运输和管理系统，能够减少交通事故的发生，缓解交通拥堵问题，同时能够降低能源消耗并改善环境。智能交通系统研究的最终目标是实现交通智能化，通过各方面配合（人、车、路）实现大范围高效、安全的交通环境，并提升人们的移动性和驾驶的舒适度。智能交通实现的功能服务许多都是物联网提供的功能，这也正是大数据物联网应用研究的热点问题。

5.1.3 智能交通的架构及特点

1. 智能交通的基本架构

智能交通系统是一个综合性的复杂系统，围绕其目标来看，智能交通系统实现了以下几类服务（刘云浩，2010），并总结成图 5.1 的形式。

（1）交通管理：包括交通情况监测、动态收费管理、交通协调、排放管理等。

（2）车辆安全：包括路口安全提醒、自动高速公路、辅助驾驶等。

（3）公共交通管理：包括运输车辆追踪、运维车辆调度等。

（4）商业车管理：车队管理、货物跟踪、电子清算、航队管理等。

（5）紧急情况管理：包括丢失车辆追踪、紧急情况响应、无线求救支援、被盗车辆控制等。

根据智能交通系统实现的服务功能以及系统自身的结构特征，可以从不同角度分析智能交通系统的基本架构。从系统组成上看，智能交通系统是由包括交通信息服务系统、交通管理系统、公共交通系统、车辆控制系统、货运管理系统、电子收费系统以及紧急救援系统等多个子系统组成。从信息处理流程上看，主要由交

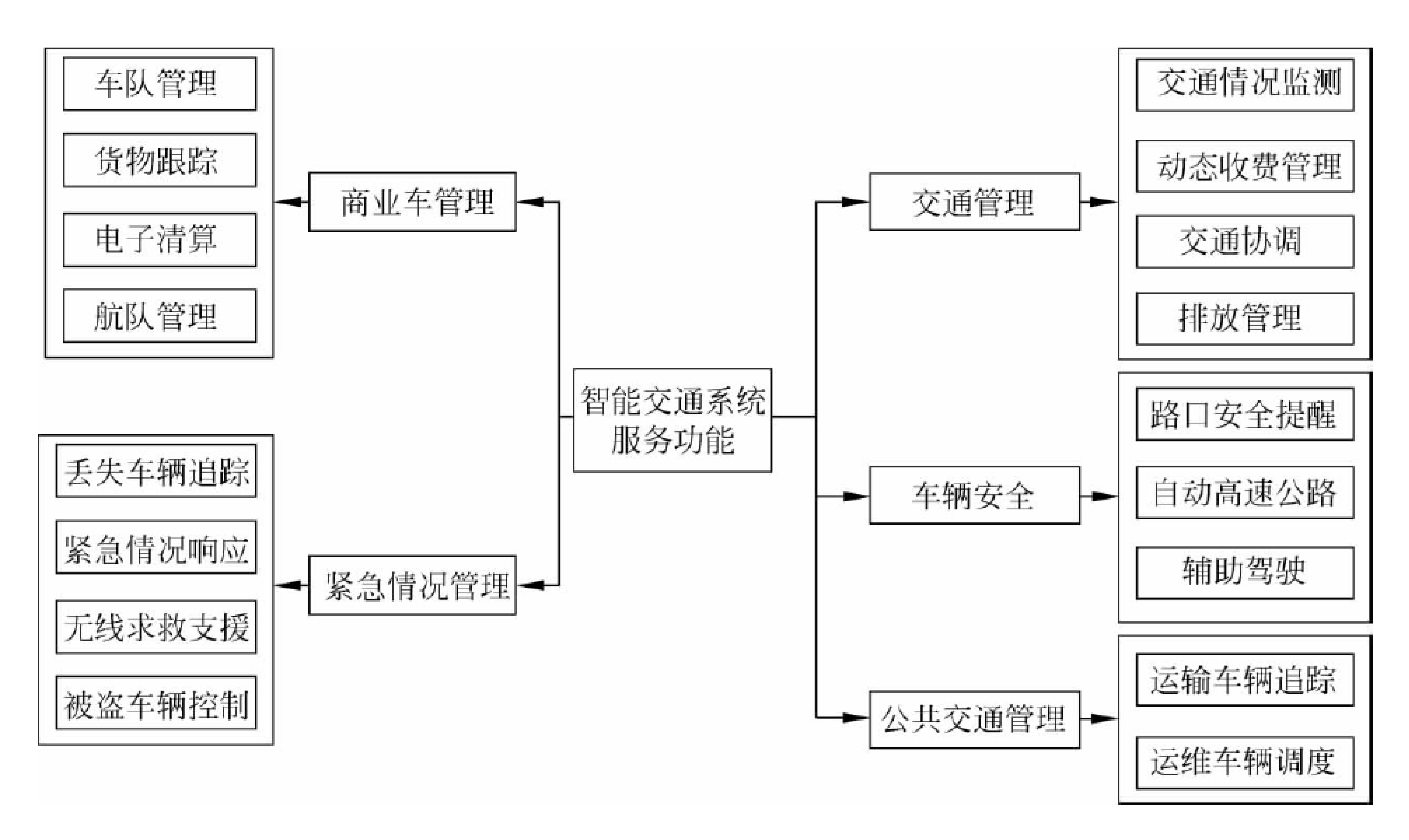


图 5.1　智能交通系统服务功能结构图

通信息采集系统、信息处理分析系统，以及信息发布系统组成①。

（1）交通信息采集系统是获取交通信息数据的主要来源。由人工输入、GPS导航仪器、红外雷达检测器和光学检测仪等联网组成，形成高度自动化的管理体系。

（2）信息处理分析系统是在获得基础数据的前提下，对数据进一步分析，从而指导并做出决策。包括专家系统、GIS应用系统以及人工决策等部分组成。

（3）信息发布系统是面向社会群众的。它通过多样化的方式将交通信息以及交通服务信息公布给社会公众和特殊的受众群体，信息发布渠道主要由互联网、手机、车载终端、广播、电台、电子情报板等组成，为人们提供更加人性化、更加便捷、更加及时的交通服务。

从主体成分来看，智能交通系统通常包含车辆、行人、设施、服务中心等部分。

（1）车辆：可以分为运输车辆、商用车辆、维护和工程车辆、紧急车辆。

（2）道路及路旁设施：通常包括道路本身和路旁的基础设施，这些设施的作用在于监督控制、费用征收、停车管理以及车辆检查。

（3）行人和乘客：主要需要个人信息访问服务和远程出行者的支持服务。

① 对智能交通系统的百度百科词条解释进行的归纳总结（http://baike.baidu.com/link?url=UgWloqCBDgLq2H7fmwmZux9R5PDjut3_-62EpkBjb0P8VLvO8_XNQ3NAYnZIYTtHOMqgLLAA0de_jiW4qPvOOK）。

(4) 服务中心：主要作用在于交通管理、收费管理、应急管理、运维管理、商用车辆管理、信息提供、排放管理、车队航队管理、数据管理等管理服务。

在包括车辆、道路及路旁设施、行人及乘客和服务中心的这些主体之间相互连接，不同主体之间通过相互作用和相互通信，实现智能交通系统中的各项功能服务。其主要通信方式分为以下四类，如图 5.2 所示。

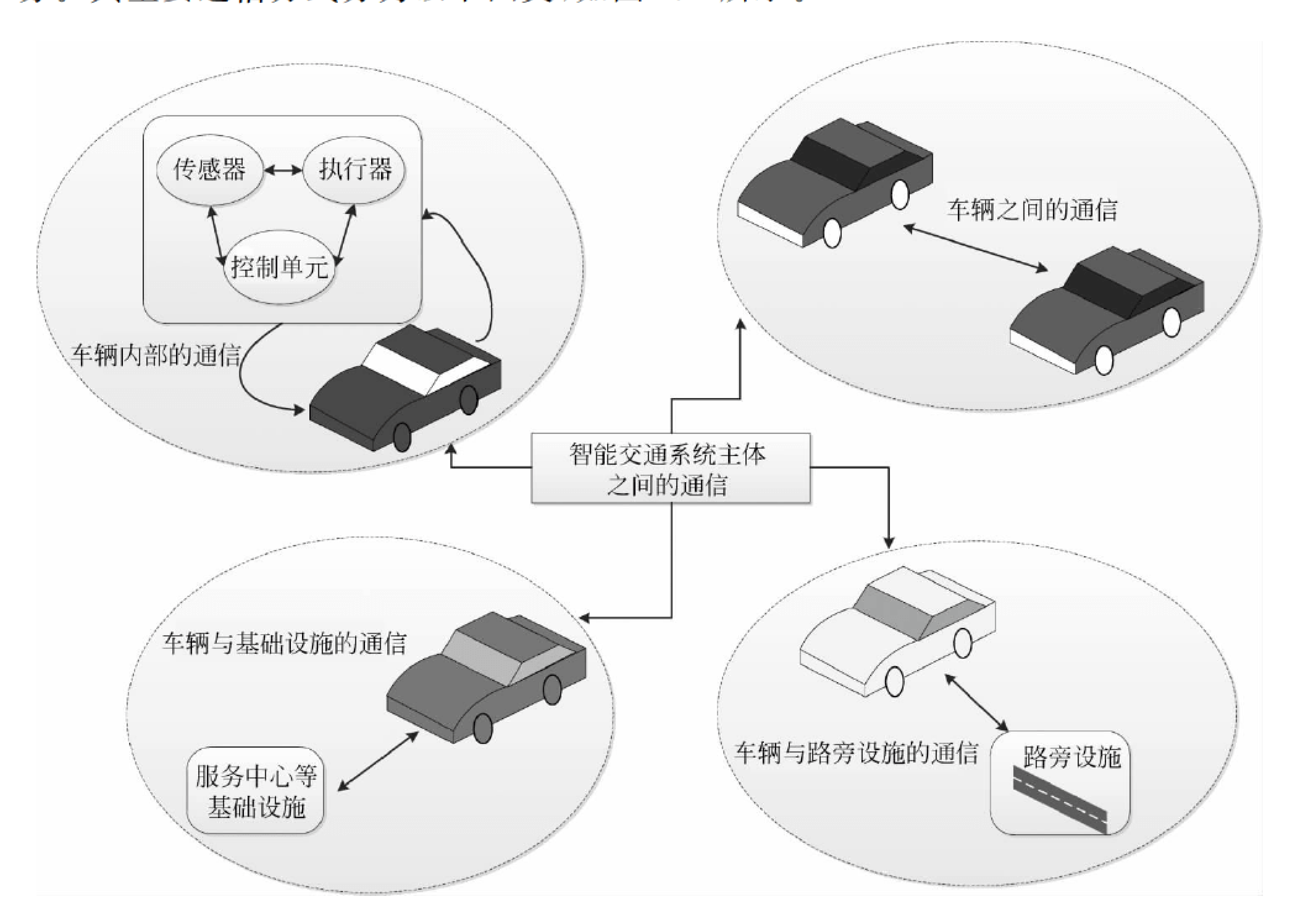


图 5.2 智能交通主体之间的通信方式

(1) 车辆内部的通信：在车辆内部的大量传感器、执行器和控制单元之间相互通信，互相连接，从而实现车辆智能控制和智能感知。其主要采用的是有线通信，涵盖了 1900 条线路，主要特征包括有线无线混合、生命周期长、密度高、车内有障碍物(行李、乘客等)。有线通信技术是目前的主要车内通信方式，而像 ZigBee 这类的无线通信技术是人们更加期待的通信方式。

(2) 车辆之间的通信：它要求通信简单、快速、可靠，优点在于即使有大尺寸的车辆阻挡信号也能通过 Ad-Hoc 模式多跳跳出“阴影”。它的缺点在于协议较为复杂，网络分割的可能性较高，并且在车辆密度低和普及率低时很难保证网络的连接。

(3) 车辆与路旁设施的通信：主要使用的是短距离技术，例如在 ETC 系统中采用 DSRC 技术，实现不停车快速车道。除了在技术方面的要求以外，针对路旁的

设施还需要考虑经济因素。

(4) 车辆与基础设施的通信：采用的技术主要是远距离通信技术，从而实现大范围的覆盖。例如 3G、4G，实现车辆以及行人与服务中心的连接。车辆和基础设施的通信需要无线运营商的投资和基础设施技术进行支持，同时车辆应用的通信性能也需要进一步提高。

2. 智能交通的重要特点

智能交通主要包括以下几个重要的特点，如图 5.3 所示。

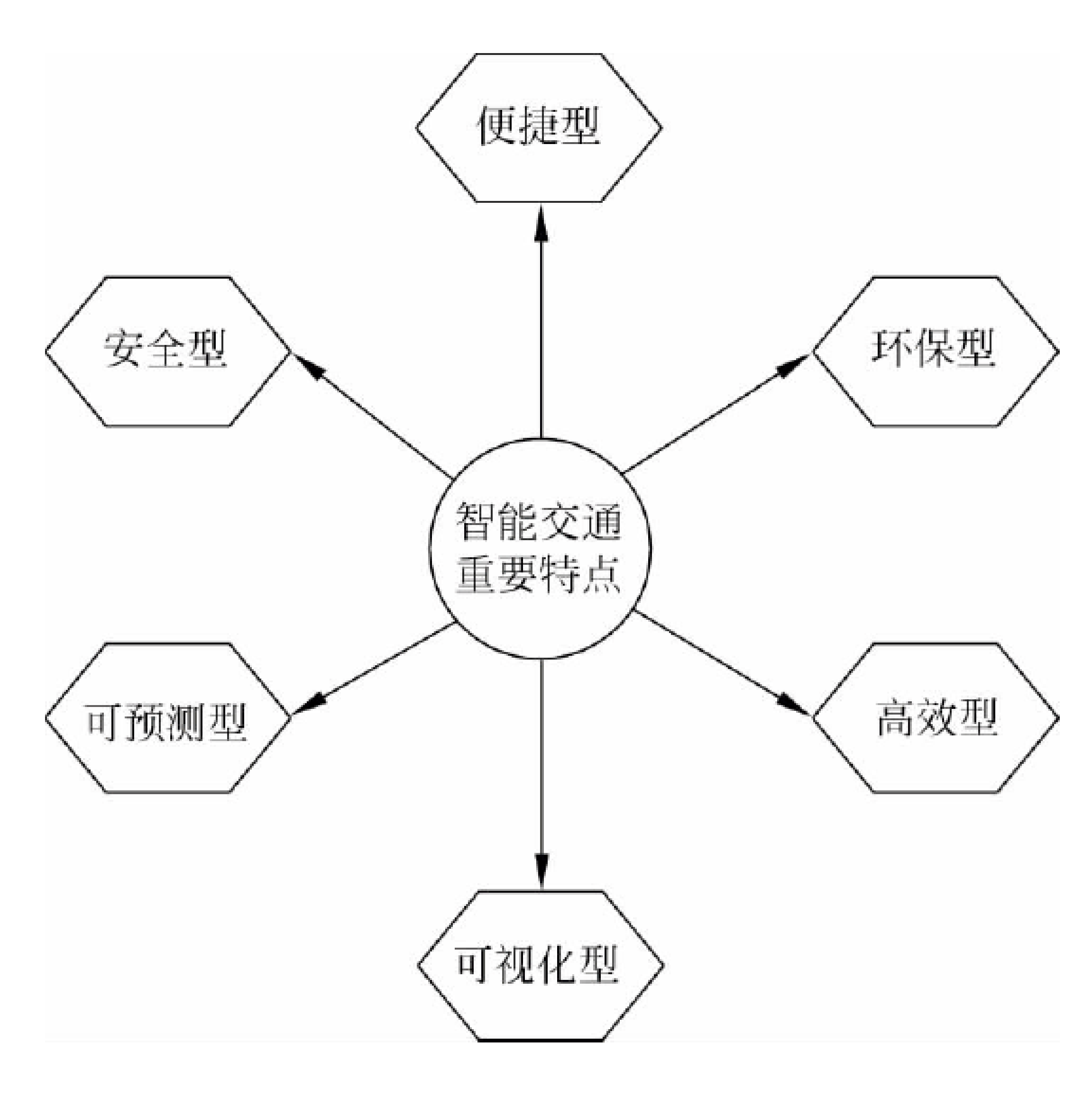


图 5.3 智能交通的重要特点

(1) 安全型交通

智能交通系统中的车辆不仅具有传统的安全气囊、紧急刹车辅助系统等安全设备，还能够通过车载网技术使得车辆形成通信网络，从而提高车辆、乘客、驾驶员以及行人的安全性。

(2) 便捷型交通

智能交通系统通过移动互联网和通信网络，为人们提供了便捷的导航信息、道路交通状况等信息。

(3) 环保型交通

智能交通系统能够通过对黄标车禁行抓拍、车辆限行控制、社会车辆违法占用公交车道抓拍等措施严格管理车辆行驶，实现减少尾气排放污染环境，改善城市的雾霾天气，实现环境保护。

(4) 高效型交通

智能交通系统通过联网获得的数据以及分析预测情况，改善路况并缓解道路

拥堵，优化人们的出行路线，实现交通流量最优化。

（5）可视化型交通

智能交通系统应该能够将行驶在道路上的公共交通工具和社会车辆等进行统一管理控制，为人们提供可视化的交通网络状态图。

（6）可预测型交通

智能交通系统通过交通采集系统获得交通数据，进行建模分析，并能够预测定时、定点位置的交通路况信息，为交通管理提供有力保证，同时为交通基础设施建设和改造提供重要的参考意见。

5.2 物联网与智能交通

5.2.1 大数据物联网与智能交通的关系

大数据物联网的目标是实现对整个物理世界的精确管理、实时控制和科学决策，其核心理念是建立整个物理世界的感知网络。因此，大数据物联网在交通领域上的应用首先突出强调的是统筹考虑各类交通运输方式（包括公路交通运输、水路交通运输、民航交通运输等）的交通对象、交通运载工具、交通基础设施，搭建基础感知网络，与此同时，在基础交通感知网络的基础上根据实际交通需求开发各类应用服务系统。于是，智能交通系统因为物联网在此领域上的应用，将具有新的发展视野和质的改变。在大数据物联网推动下，智能交通在信息的采集量方面呈指数增长，在时间方面的要求将达到毫秒级，海量数据的分析决策成为了必然要求。物联网技术的发展为新一代智能交通的发展提供了关键的技术支撑和十分广阔的发展空间。

大数据物联网对智能交通的发展起到了十分重要的作用。不仅如此，智能交通的发展也为物联网在交通领域的应用创造了十分良好的发展条件。一方面，对于交通运输行业来说，智能交通系统的发展与大数据物联网应用于交通领域上的方向保持一致，也就是应用通信、控制、数据信息处理技术等先进方面为交通运输的运行方式和机制做出改变，并且发展更符合人们要求的智能交通运输系统。这就是说，智能交通系统的发展为大数据物联网在交通领域的应用提供了良好的基础环境，引发出很多的新需求以及人们对待交通生活的新理念。另一方面，智能交通的发展必然带动了许多交通基础设施的建设和改造，针对交通的各方面业务需求进行了很多技术上的革新。因此，智能交通的发展为大数据物联网在交通领域的应用提供了许多物质基础和技术设备装置。

总的来说，智能交通的发展与大数据物联网在交通领域的应用相互影响。大数据物联网新理念和新技术的不断发展推动了智能交通系统的升级前进，而智能

交通作为物联网的重要应用领域,促进了大数据物联网的垂直深入发展。

5.2.2　智能交通应用物联网的关键技术

智能交通系统各个要素的发展需要多个领域的关键技术协同构建,包括交通信号控制、车辆导航、车牌号码识别、安全闭路电视等各种交通管理系统和交通控制系统。除此之外,智能交通的发展也离不开更加前瞻的应用,这些应用通过获取实时的数据信息,为人们提供便捷的交通和信息服务。另外,智能交通系统的建模和预测技术也是改善人们交通出行的重要保障。

从物联网角度来说,物联网技术在交通中的应用显得尤为重要,因为交通出行关系着人们的生命安全,不可轻视。物联网技术一方面为智能交通的发展提供了更加深入的智能化:智能交通的管理和调度能够实现道路交通基础设施的更大效用,能够在保证安全的同时更大限度提高交通流量,使人们感受到越来越便捷的交通出行,同时能够优化人们在出行时的出行体验,更加快乐出行。另一方面,物联网技术为智能交通的发展提供了更加准确和清晰的感知:这不仅体现在道路基础设施中传感器对交通流量的监测,同时体现在车载传感设备对车辆状态信息的监测。另外,车辆中的有线和无线通信技术为移动的人们提供网络服务,让用户在出行的过程中随时获得网络及周边信息。智能交通应用物联网的关键技术如图5.4所示。

1. 信息精准获取技术

对于交通系统来说,各个交通要素的运行信息数据获取体系的建设是重要的基础性技术工作。在交通系统的各个部分中,虽然感知要素、身份标识和载体不尽相同,但是感知需求十分近似。

第一,在交通基础设施的感知需求中,其感知信息主要有:包括事件类型、事件发生地点和发生时间等在内的交通事件信息,包括路面性能、桥梁性能、道路尺寸等在内的基础设施运行状态信息,包括车流量、车流速度等在内的交通运行状态,包括温度、雨雪天气、能见度等在内的交通气象、环境信息。其中,由于交通事件的发生具有很强的随机性,因此很难通过控制交通需求的方式来处理,只有尽早发现和确认事件并及时采取措施,同时为其他出行的人们提供准确、及时的信息,才能有效处理交通事件。另外,基础设施的运行状态能够直接影响交通网络的运行顺畅程度。因此,需要在公路和城市交通中感知的信息有路面灾害、桥梁状况等;在民航基础设施运行状态中需要感知跑道状况和机场状况等;在水路交通基础设施运行状态中需要感知航道尺度、水路状况等。此外,交通运行状态信息是实行交通控制和路线优化的重要基础。最后,交通气象、环境信息是减少交通事故的重要基础,也是向社会服务的重要方面。

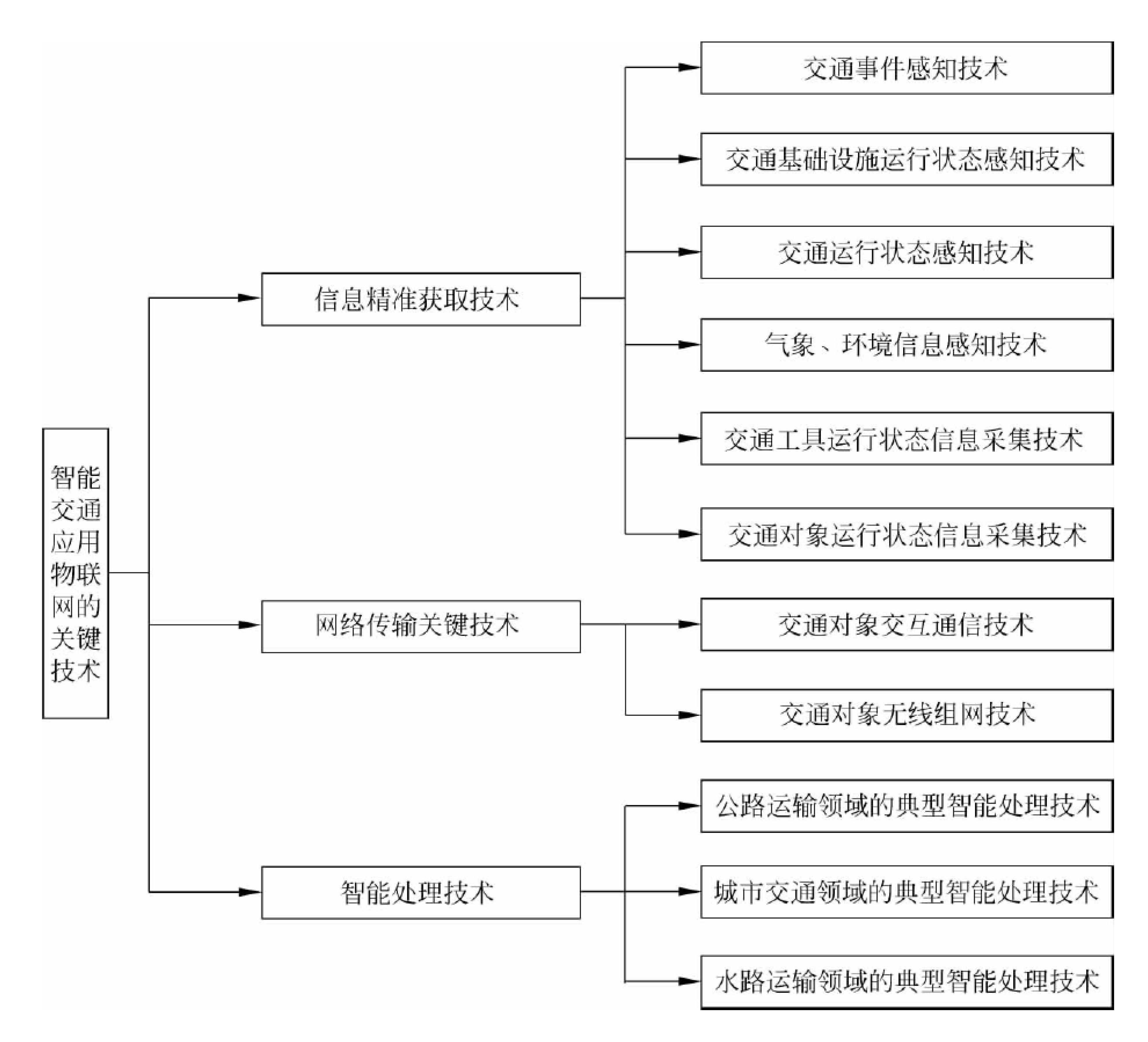


图 5.4　智能交通应用物联网的关键技术

第二，在交通工具的感知需求中，感知信息的重点内容是对营运性交通工具的运行状态进行感知。主要包括交通工具的位置信息、速度信息、行驶路径信息，以及载客量或载货量信息等。

第三，在交通对象的感知需求中，与交通工具感知信息的重点内容相对应，感知重点是营运性交通工具的驾驶员，包括驾驶员的连续驾驶时间（例如是否疲劳驾驶）和驾驶员的操作信息是否得当。同时，交通对象的感知还包括感知货物的位置信息和货物在运载过程中的环境信息等，保证全程跟踪危险货物，提供服务水平和效率。

针对以上的感知需求，一系列传感技术因此应用在交通领域。这些关键技术很多都是基于传感器的交通信息感知技术。主要包括：交通动态信息实时采集技术，交通基础设施信息实时采集技术，气象、地质灾害预警信息采集技术，交通工具信息采集技术等。下面对智能交通中不同业务中的感知技术进行具体介绍。

在交通领域基础设施的感知技术中，针对不同业务需求使用了不同的传感技

术。包括交通事件的感知技术、交通基础设施运行状态的感知技术、交通运行状态的感知技术，以及气象、环境信息的感知技术、交通对象运行状态信息采集技术、交通工具运行状态的信息采集技术。

交通事件上的感知技术装置主要是指用于采集交通事件的发生时间、地点以及类型等基本信息的视频采集设备，它比较直观可靠，并且安装和维护都较为方便。

基础设施运行状态的监测也使用了多种传感技术。在公路和城市中，使用路面智能检测车，它主要使用了图像采集和识别、激光测量、基于视觉角度的感知等自动测量和分析技术，来对路面的损坏情况进行监测，同时进行分析处理；在隧道中，主要通过使用压力传感器、激光测量，以及引伸计和图像采集等技术实现检测隧道的压力和变形情况；在桥梁中，主要使用加速振动测量设备、倾角仪、激光图像测量仪等技术来满足桥梁的不同测量要求；在机场中，主要采用视频识别、红外线感应等测量和分析技术实现设施的自动感知。

在交通运行状态的感知技术中，主要是交通流信息的采集和测量技术。在公路或者城市交通中，主要使用地磁线圈、雷达、压电、视频等技术，但是每种技术均存在一定的缺点，例如传感器的价格较高、而视频在能见度较低时的拍摄效果较差；在水路交通的感知技术中，测量船舶流量的主要技术是雷达和视频技术，其中视频技术可以同时检测事件和交通流，并且由于其直观、维护工作较容易的特点，在水路交通中应用越来越广泛。

在交通对象运行状态信息的采集技术中，目前应用较为成熟的当然是利用RFID技术实现对货物标签信息的读取，同时可以采用GPS等卫星定位技术获取货物的实时地理位置。另外，对货物运载环境状况的自动感知技术主要是使用无纸记录仪、湿敏电容、温敏电阻等关键技术。但是目前对于驾驶员的持续驾驶时间和操作情况控制的感知技术还比较缺乏，这是在智能交通中需要进一步研究的内容，目前已经开发了对眼睛眨眼频率、眼睛闭合或运动的监测器等，但是大部分仍然处在实验模拟阶段，距离实际广泛应用还存在一定距离。

在交通工具运行状态的信息采集技术中，主要包括三个方面的感知技术。一是对交通工具基本信息进行采集，主要使用GPS和北斗等卫星定位技术获取交通工具的行驶路径、速度、位置等；二是使用车载传感器技术获得交通工具的当前实时性能信息的采集，例如压力传感器、温度传感器等；三是对载货量或者载客量的实时感知技术，存在着大量的人为因素使实现感知信息采集变得复杂。

2. 网络传输关键技术

在交通运输物联网的建设中，按照网络通信的对象和网络通信范围的大小，交通物联网的网络技术主要包括两种类型：一类是短距离组网和通信技术，主要实现交通工具、交通基础设施，以及交通对象之间的通信、数据交换和感知。另一类

技术是远距离组网和通信技术，主要实现的是交通信息与数据中心之间的传输和感知，它能够实现交通要素之间的远距离传输信息。具体来说，网络层的主要作用包括两点：一是将各类交通要素接入网络，接入方式包括 WLAN、蓝牙(Bluetooth)、3G/4G 网络、有线网络、卫星等。二是能够在传输过程中依靠互联网、电视网等完成交通感知信息的远距离传输。

根据以上的交通物联网的网络技术类型和网络需求及网络层作用，在交通领域中使用的物联网技术主要包括交通对象交互通信技术和无线组网技术两大技术。

(1) 交通对象交互通信技术

交互通信技术是交通对象和交通对象的基础设施之间通信组网的关键技术。由于其涉及了多门学科，因此在研究交通对象通信技术时既需要通信技术相关的专业知识，同时还需要对交通系统中的各个要素的特性具有一定的了解。

在交互通信技术的研究中，交通对象通信的研究具有十分丰富的内容。就目前的交通对象通信技术的研究来看，已经在车与车之间、车与道路之间、船与船之间的通信有了初步的研究进展。在车车之间的通信中，主要的难点存在于无线网络的实现上，研究者根据通信领域的移动自组网(Mobile Ad-hoc network)，提出了一个叫做车辆自组网(Vehicular Ad-hoc network)的概念。车辆自组网是物联网在智能交通领域中的一种重要应用，它是移动自组网和传感器技术应用在交通运输领域的具体表现(杨涛等，2012)。

车路通信系统是车联网的通信链路保障，而车路通信主要利用基于专用短程通信(DSRC)技术、ZigBee、超宽带(UWB)、蓝牙等的车路通信系统，它能够大幅度降低通信延迟，保障网络拓扑结构频繁变化的车辆的网络质量，为车车、车路间提供了稳定、高效的通信服务。

Ad-Hoc 是一种点对点的模式，也就是分布式的无线网络，它是完全由移动主机构成的网络(臧婉瑜，2002)。Ad-Hoc 网络是用来描述特殊的自组织对等式多跳移动通信网络。这种结构省去了靠路由器转发数据包和靠 AP 转发数据包，只要安装了无线网卡，任何计算机都可以为其他节点转发数据包，实现彼此之间的无线互联，换句话说，就是每一个节点都具有平等的地位，并且在网络运行过程中节点可以随时离开网络，也不会对网络的稳定性造成很大影响。通过网络中的一台计算机建立点到点连接，其他计算机通过这个连接实现网络共享。其特点包括无中心、自组织、多跳路由、动态拓扑等。由于其网络中设备的连接方式和特点，Ad-Hoc 应用的主要领域有军事通信、传感器网络、紧急应用、个人通信。

UWB 是无载波通信技术的一种，它是一种短距无线接入技术，通过利用纳秒至微秒级非正弦波窄脉冲，实现数据的高速传输。与此同时，在较宽频谱上传送功率极低的信号能够使得传输数据时，在 10 米左右之内能够达到每秒数百兆比特至

数吉比特的传输率。其主要特点包括十分强大的抗干扰性能、数据传输速率高、保密性好、消耗电能小、带宽极宽等。主要应用在室内通信、家庭网络、安全检测、高速无线 WLAN 等。

DSRC 的全称是 Dedicated Short Range Communications，中文名称为专用短程通信技术。它是一种无线通信技术，能够实现在数十米左右识别高速运动的移动目标和双向通信，具有很强的高效性。专用短程通信技术的应用领域十分广泛，包括不停车收费、出入控制、车辆识别等，目前智能交通系统中应用较为成熟的便是 ETC 以及集装箱等货物识别的 AVI。通过使用 DSRC 技术，人们的出行效率和便捷程度得到了很大提高。

（2）交通对象无线组网技术

交通对象的无线组网是物联网的一个重要特征，它是针对不同交通对象的类型和功能需求，研究不同的交通对象组网方式。交通对象的无线组网能够实现交通对象之间的局部组网，在交通运输网络中，传统的 IPv4 只是实现人机对话，在技术上很难满足，IPv6 技术在技术协议、通信等方面能够达到要求。不仅如此，在交通物联网中，交通对象和交通工具的移动性和流动性很强，信息的传输距离很长，传输范围也很广，因此需要高速的路由解析速度、高速的连接建立速度，同时必须使用专用的交通无线传感网络、高速公路光纤网络与公用的移动网络等互联网络相结合，才能确保大规模交通信息的高效、稳定地传输。

IPv4，是互联网协议的第四版，也是第一个被广泛使用，构成现今互联网技术基石的协议，其主要限制是不能实现网络的实名制。由于 IP 地址空间不足以及 IP 资源的共用，导致了 IPv6 的发展。

IPv6 技术的全称是 Internet Protocol Version 6，意思是用于替代当前版本 IPv4 的下一代 IP 协议，其中，Internet Protocol 意思为互联网协议。IPv6 简化了报文的头部格式，加快了传输速度，提高吞吐量的同时提高了安全性。它能够扩展到实现任意事物间的对话，不仅满足了人类的服务需求，同时实现了包括汽车、传感器、电器等多种设备在内的服务需求，在不断降低成本之后能够不断推广使用，遍布寻常百姓家。

3. 智能处理技术

交通运输物联网体系的核心建设内容之一就是能够实现对交通系统状态的管理、分析、再现，这就需要针对交通系统的特点建设智能的综合信息管理平台。因此，交通系统中的综合处理体系建设是交通领域重要的技术研发工作。目前，交通领域中应用了多种智能处理技术。

（1）公路运输领域的典型智能处理技术

在公路运输领域中，应用的典型智能处理技术包括突发事件检测技术和收费

数据分析挖掘技术。突发事件视频检测技术能够广泛用于高速公路、国道、桥梁等多种路段，通过监测获得车辆的运行状态信息，对数据进行全面分析，并交与有关部分进行处理。突发事件的检测技术是对车辆检测和跟踪的技术，它是一种基于视觉的检测技术，通过将摄像头（见图 5.5）采集的视频信号转化为数字化的图像，再对数字化图像进行分析和处理。在此过程中采用的技术包括图像预处理技术、图像背景提取技术、多目标识别技术等，来实现对突发事件的实时检测、记录和分析。同时，能够针对突发事件实施报警和救援工作。另外一个应用在道路交通中的典型智能处理技术是收费数据分析挖掘技术，它是在完善高速公路联网收费管理中主要采用的一项智能处理技术。可以亲身体会到，我国高速公路的里程数量在不断增加，原来完全的人工收费表现出十分明显的低效性，当很多车辆聚集在收费口时，单纯的人工收费会带来道路交通的更加拥堵，这也是完善高速公路联网收费系统的必要性之一。联网收费系统已经从人工收费发展到了半自动化、自动化收费、不停车收费（见图 5.6），部分城市已经建立了对收费数据的集中处理和存储的收费管理中心。高速公路联网收费系统是一个完整的封闭系统，不仅包含常规交通信息采集系统中的数据信息，还包括车辆牌照、进出口、车载重信息、行驶路径信息等特有数据，从数据的应用角度出发，挖掘收费数据，分析用户关心的内容，获得交通决策所需要的数据，并利用这些数据分析高速公路路网交通流、构建相应的评价指标等。



图 5.5　道路中的摄像头[①]

（2）城市交通领域的典型智能处理技术

在城市交通领域中所应用的典型智能处理技术包括城市道路交通数据分析挖掘技术、公交智能调度技术、公交 IC 卡数据分析技术。道路交通数据分析挖掘技术已经取得了良好的应用。城市道路交通数据包括多样化的数据信息，既有静态的道路环境信息，又有动态的交通流信息，还有交通管理控制的数据信息。既有摄像头获取的视频信息，又有车辆定位系统的行程信息，还有传感器的流量信息。面对如此大量的信息，短时间内甚至实时状态下从数据中提取出有价值的信息及知

① http://bbs.wjdaily.com/bbs/forum.php? mod=viewthread&tid=457836.

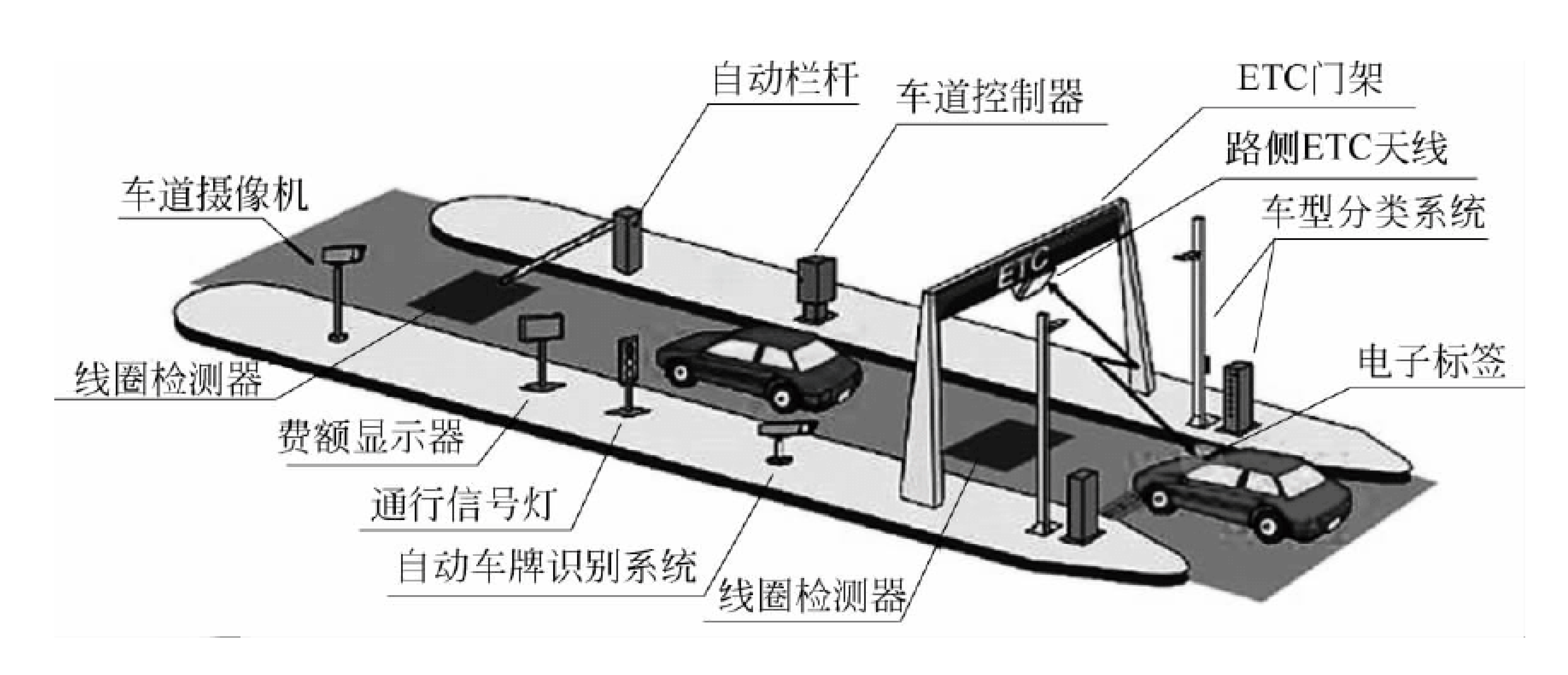


图 5.6 不停车收费系统示意图(来自百度图片)

识成为一项重要的任务。

公交智能调度技术目前在我国的应用依然存在很大的提升空间。就拿北京这样的大城市来说,基础设施基本已经实现现代化,但在公交调度技术方面还是需要进一步引进先进的技术来解决实时掌握公交车辆情况的问题。目前北京市的公交站依然采用最基本的公交站牌,乘客还无法在公交站直接获得公交车的当前距离和到站时间。并且,公交车之间也无法获得十分准确的车辆间隔信息,严重影响了公交客运的服务质量。公交智能调度技术就是通过实际的调度系统有效管理和分配公交车辆资源,调整各个公交线路上的供需平衡,从而实现公交调度的最佳目标。

与此同时,公交运营公司本身同样需要使用技术手段获取公交乘客的乘车信息和客流量等。这就需要通过 IC 卡数据分析技术帮助经营者进行智能决策。北京市 IC 卡数据中存储着乘客交易信息 20 余项,其中线路编号,上、下车站编号,上、下车刷卡时间,车辆编号及 IC 卡编号等核心信息是公交客流分析的重要基础(陈锋等,2016)。通过使用公交 IC 卡数据处理和分析系统综合应用运营车次识别、换乘识别、速度计算、断面客流处理、一票制 IC 卡数据处理等技术,对 IC 卡数据进行准实时处理,实现基于 IC 卡数据的公共汽车运行态势分析和动态监测,来帮助公交运营公司改善优化交通线路,解决交通布局不合理的问题,实现公交调度最优化。如图 5.7 所示为北京市的公交 IC 卡。

(3) 水路运输领域的典型智能处理技术

长江中行驶的船舶要通过葛洲坝船闸,必须提前申报,告知船闸调度人员将在某时到达并需要过闸。船闸调度人员根据收到的申报信息,编制船闸调度计划,确定每个闸次的运行时刻,并且确定每闸次安排哪些船通过,同时实现时间和效率上的最优化(杜经农,2003)。如果船舶申报、编制计划、值班调整这些过程均以人工为主要方式进行作业,可想而知调度计划必然会影响总体效率。船舶过坝优化调



图 5.7　北京市公交卡(市政交通一卡通)

度的辅助决策系统是一套以人工调度为基础,辅助人工调度决策和信息管理的计算机网络系统。它以计算机技术、通信技术、多媒体技术等为基础,以模型库、方法库、数据库三库为指导,在信息共享管理的同时实现决策的优化。最终提高大坝的通行能力,保证航行的有效进行。

5.2.3　智能交通发展物联网的需求

随着交通运输需求量的不断增长,人民生活水平的不断提高,以及社会经济的不断发展,资源和环境的日益约束,世界各国或者国内的交流逐渐增多促进了人们的交通出行,这些都是物联网发展的基础和动力。因此,本节通过分析未来交通领域发展形势的基础,根据不同的应用主体解释智能交通对物联网的实际需求。

1. 大数据物联网在交通领域应用背景

自从改革开放以来,中国的经济在这几十年间发生了翻天覆地的变化,产生了很多具有伟大历史意义的阶段性成果。在工业化、信息化、城市化、国际化方面都发生了深入的变化。无论是人均收入不断向中上等国家行列迈进,还是我国在经济结构转型上的发展步伐不断加快,第三产业的所占比重明显提高;或者是出口产品中的工业制成品比重在大幅提高。从这些方面都能够看出,我国的经济发展保持了稳定的增长。“十三五”时期是中国长远发展的关键时期和重要阶段(李善同等,2015)。在“十三五”期间,中国的经济发展面临了新的形势。第一,从国际环境来看,全球经济的低速增长可能性增加,世界经济呈现出的是发展中国家占全球的经济比重在 2012 年增加到了 31.8%,美国经济复苏的步伐加快,国际货币基金组织(IMF)预测,2016 年美国经济增长将高于 3%。尽管如此,世界各国的经济发展依然不确定,全球增长格局不确定性明显增强。总体来看,近几年全球经济保持低速增长的可能性很大。与此同时,全球生产方式中的价值链制造环节竞争将更加剧烈,这为中国的出口以及产业发展提出了新挑战。第二,从国内环境来看,中国将由中高收入国家迈向高收入国家的行列,随着高收入的到来,人民群众的需求将会更高和更多样化,尤其更加关注政府服务和环境状况。另外,经济增速从高速增长转向中高速增长。总体来看,从需求角度来说,以下六个方面成为支撑中国经

济增长的主要力量。

(1) 继续推进城市化。中国的城市化水平不仅低于高收入国家水平，同时低于与我国处于同等阶段的中高收入国家的水平。

(2) 逐渐壮大中等收入群体。根据麦肯锡的研究发现(麦肯锡,“会面”2020 中国消费者,2012),中等收入群体成为支撑消费增长的主力军。

(3) 信息技术、互联网技术带动的新消费业态快速增长。信息和互联网的普及大幅降低了交易成本，为消费者提供新的便利，刺激了消费需求。例如,“双十一”开始后的 7 小时 45 分 42 秒,2015 天猫“双十一”全球狂欢节交易额超 417 亿，此时已经超过 2014 年美国感恩节购物节线上交易总额。2015 年天猫“双十一”全球狂欢节全天交易额最终达到了 912.17 亿[①]。

(4) 人口老龄化刺激发展老年产业。

(5) 我国的经济转型导致新能源以及环保事业的发展。交通领域中的治理雾霾计划激发了汽车等交通工具的更加节能化、环保化、智能化，与之相关的环保产业必将迎来新的发展机遇。

(6)“一带一路”等战略进一步扩展海外市场。

交通运输总量持续增长使得交通需求不断增加，社会经济的发展和人们生活水平的提高对交通的需求提出更高的要求，资源和生态环境约束要求我们加快转变交通发展方式，人民群众的出行需求不断提高推动着大数据物联网在交通领域的发展。随着生活水平的提高，人们对于交通出行也有了更高的要求。从之前的能够出行逐渐转变为重视交通出行的体验。一方面，人们对交通出行的要求体现在“量”的要求。越来越多的人们参与更多的交通出行，但是由于环境、资源等外在条件不能无限制扩张，需要采用新思路、新技术解决交通量的问题，因此提高人们的交通出行效率和基础设施的承载能力是一项重要的任务。另一方面，人们对交通出行的需求越来越多地体现在“质”的要求。随着信息技术的发展，人民群众的信息服务需求逐渐提高，在出行过程中人们总是希望能够满足自身的信息需求，尤其体现在商务需求和娱乐需求方面。这就需要交通基础设施的服务人员使用更现代化和信息化的技术保证人们的交通运输服务，同时提高人民群众在交通出行上的质量要求。也就是说，大数据物联网的发展能够在交通运输服务上满足当前社会经济环境下人们的需求，保证管理者更高效、高质量地管理交通运输服务设施，最终满足人们对新一代智能交通运输服务的期待和要求。

2. 不同应用主体发展物联网的需求

根据交通运输领域的不同应用主体，我们主要从以下几个方面介绍交通领域

---

① http://www.ithome.com/html/it/188187.htm。

对发展物联网的需求分析。

（1）公路、水路领域发展物联网的需求分析

在公众出行者的需求中，主要包括三个方面。首先是出行安全的需求。随着高速公路的快速发展和私家车数量的增长，公路必然成为许多人重要的出行方式。但是，公路上的交通事故尤其是高速公路中的交通事故问题依然严峻，交通事故新闻层出不穷。交通事故造成的人员伤亡总会使我们感到痛心。因此，在公共出行方面，人们希望通过物联网的车辆感知技术减少车辆碰撞，进而提高出行的安全性。其次是出行信息服务需求，公路出行者和航道出行者希望通过包括手机、车载设备、电台等多种移动终端等获取交通实时数据信息，能够选择最佳时间和路径到达目的地。最后是不停车收费的需求，人们希望在出行时能够享有更高效快捷的收费方式，通过射频识别手段实现路网的不停车收费。

在公路、航道养护或者运营企业的需求中，企业希望能够借助物联网的感知手段掌握公路、水路的基础设施状态，从而有效应对由于自然灾害导致的交通事件。另外，通过借助物联网感知技术实现对公路和航道的精细化管理。对于公路养护企业，它们希望通过借助感知设备、通信技术等组成的仿真控制系统提供优化路网的扩容实施方案，以提高路网的运行效率。

在公路、水路货运企业的需求中，从物流企业的需求分析入手，是改善货运状况并促进现代物流的重要基础。在公路、水路、港口企业的运输信息需求中，企业希望通过物联网的射频识别技术、视频、GPS 等技术手段，感知货物和运载工具的实时状态，实现对物流运输整个过程的全程监控。另外，为了提高物流的效率和水平，货运企业希望通过智能配载系统确定货源信息和运力信息，自动提供配载决策方案。除了对运载货物的智能控制之外，还要对驾驶员的身体状态和情绪状况进行监控，当遇到困倦、情绪波动较大等危险情况时，及时进行警告提示。最后，为了提高运输安全水平，货运企业还希望能通过感知设备监控货物运输环境，当检测到货物所处位置的温度、湿度等超过安全界限，能够自动对驾驶员或远程中心报警。

配载（Cargo）①，物流交通学术语，又称配装，是指为具体的运班选配货载，即承运人根据货物托运人提出的托运计划，对所属运输工具的具体运班确定应装运的货物品种、数量及体积。配载的结果是编制运班装货清单。装货清单通常包括卸货港站、装货单号、货名、件数、包装、重量、体积及积载因素等，同时还要注明特殊货物的装载要求。

在管理部门的需求中，管理者希望能够通过新的技术和理念提高交通服务水平。虽然目前我国的交通事故已经逐渐减少，但是随着机动车数量的增加，2015

---

① 对相关百度百科上的词条进行整理。

年年底全国机动车保有量 2.79 亿辆，平均每百户有 31 辆私家车（网易新闻），交通安全和拥堵问题依然严峻，根据交警发布的近年来春运交通事故发生情况大数据，三年以下新手驾驶员造成的交通事故占交通事故总数的近三成（邱冰清等，2016）。因此，借助物联网中的感知设备、通信设备以及其他相关技术，能够实时掌握交通运输过程中的风险来源，及时排查安全隐患依然是一件十分艰巨的任务。不仅如此，在交通领域中，我国的公路、水路运输市场的监管不到位是一件较为严重的问题，也是一项长期存在的难点问题。交通违规现象层出不穷，总是有一些交通参与者逃避交通监管，因此交通主管部门希望在现有的控制检测基础上，借助更智能的感知设备、测速器、超载器等实时掌握驾驶员的行为和车辆的当前运行状态，及时发现交通运输中的违规事件，通过加大监控力度，保证交通运输市场的良好秩序。总之，管理部门希望能够实时获取交通网络运行状态，包括基础设施运行状态、驾驶员的状态、交通运行状态、天气、突发事件等信息，提高管理和决策能力，确保交通出行更加安全、更加畅通、更加高效。

（2）城市交通领域发展物联网需求分析

现代交通运输业的发展总体要求明确指出，要发展优质的公共客运，提供便捷、安全的出行服务，并且提高运输效率，从而逐步实现客运的零换乘。在城市交通领域管理和服务的对象需求分析包括以下几个部分。

第一，从市民的需求角度来看，主要的需求是出行信息服务需求。市民公众希望随时随地能够通过手机客户端、手机消息、公交电子站牌等多种方式“动态感知”实时交通信息，路况信息以及交通事件信息，公交实时到站信息，民航、水运、铁路、长途客运的动态班次和票务信息、停车场信息，以及交通管制信息等。不仅如此，在市民出行过程中也需要车辆的导航驾驶方面的功能以及事故紧急救援服务需求。市民作为车辆驾驶员出行时，为了避免拥堵路段，在节省时间和成本的同时减少堵车带来的烦躁心理，避免事故发生，车辆驾驶员希望使用车载智能终端设备根据路网交通情况，自动提供最佳路线，并且随时监控掌握车辆关键部分的运行状态，以便最大程度上保证出行者的人身安全。并且，在事故发生时能够实时将车辆的地理位置信息、事故时间、事故严重程度等情况汇报给紧急救援中心，提高救援的及时性、准确性，减少生命和财产损失。尤其当出行者是社会的弱势群体时，例如老人和儿童希望通过感知技术减少交通事故以及在交通事故中受到的伤害。他们希望把自己的位置通知给周围的车辆，用来提示周围车辆的驾驶员降低车速，小心驾驶，从而避免事故发生。

第二，从客运企业的角度分析需求，一方面是在调度运营中的需求。物联网感知手段同样在调度运营中起到至关重要的作用。需要借助物联网感知技术及时掌握车辆的空间分布、自身的运营状况以及车辆的服务情况等。客运企业通过智能

的监控系统和调度系统较为及时或尽可能实时地自动制定科学合理的调度方案，根据交通运行状态情况辅助配备和制定运力计划。另一方面是交通信息需求。城市交通客运的公共交通企业和出租车客运企业需要使用物联网感知技术及时了解和掌握长途车站、火车站、民航、重大活动场所等地方的客源情况以及交通运行状况，从而实现包括公共交通、民航、出租车、地铁等多种出行方式在内的有机衔接，实现运力的有效调度，根据企业自身位置制定合理的发展规划。

第三，从城市交通管理部门角度分析需求，大力调整优化交通结构，实现资源优化配置和有效利用，提高运输服务的水平，是现代交通运输业发展要求中的明确要求。首先，在交通控制和管理中，为了给人们提供一个安全、便捷、舒适的城市交通环境，交通部门需要借助物联网技术，深入掌握交通流的时间和空间分布情况，根据交通数据挖掘出交通出行规律，制定出合理的交通规划、交通管理制度和政策。并且，根据城市路网交通状况，自动控制主干道信号，优化、调整路网的运行，同时将交通优先理念融入信号灯控制。另外，在交通执法控制上，为了加强交通执法力度，有效控制违法行为，交通主管部门希望借助电子标签等手段，在不影响交通的情况下发现违法行为，并进行处罚。最后，在城市交通基础设施养护管理需求上，城市管理养护部门希望借助车载路面自动检测技术自动获取、传输、处理路面信息，对养护管理流程进行智能化处理。

(3) 民航领域发展物联网需求分析

航空运输业是国家战略性先导性产业，是高科技应用最广泛、最集中，也是最直接的行业之一。由于民航业具有高科技产业的属性，因此民航业为物联网技术和应用在民航业提供了巨大的发展空间。同时，民航业的高效智能也离不开有力的技术支撑。在民航业，主要包括以下几方面的需求：乘机人的需求、航空公司的需求，机场的需求，空中交通管理部门的需求。

公众可以通过手机、iPad等互联网移动终端查询最新的航班动态，从而更加合理安排出行。同时，公众希望减少值机等待时间和增加多元化值机方式，希望通过一卡通等进行自助值机和消费。除了公众在民航方面的需求之外，航空公司也希望能够通过使用物联网技术提高自身的运营效率并节约成本，将自身打造为具有竞争力的网络型航空公司。想必当提到“飞机失联”这个词的时候，人们的心里依然会感到不安。不仅乘客想要保证自身的人身安全，机组和乘客也希望能够借助互联网终端，实时了解航班的飞行动态。航空公司也希望通过物联网技术与飞行中的飞机进行及时联动，无论飞机处于何种位置，都能够将运行信息反馈回地面，以便进一步提高航空公司的服务质量，提升飞机的运行效率，集中使用资源，节约整体成本。

飞机的运行需要强有力的技术来支持，一旦飞机发生了故障，那么危险性和后

果可想而知。因此，飞机的维护、维修也是十分重要的任务，是它们保证了飞机能够安全到达目的地。维护、维修部门需要借助物联网技术，随时跟踪获取设备的状态和实时位置，以及飞机上各个零部件的位置状态信息，并以此为根据进行智能化决策，选择出飞机需要采取的维护措施。例如，安排飞机的返厂维修日程，航材购买及维护的日期，从而确保飞机的运行安全。不仅飞机本身的安全和效率问题需要技术支撑，在飞机上的食品安全和运输物流效率问题同样需要技术的支持和保证。航空物流公司在基于确保航空安全和提高企业生产效率的双重原则下，物流公司需要以航空集装器、食品柜供品箱的安全状态监控为切入点，依托包括 RFID、GPS 等在内的物联网技术，为航空物流公司提供快捷的物流安全手段，同时提高航空物流安全水平和企业对资源的管理配置能力。

在机场的需求分析中，需求的方面更加广泛。在机场内，许多乘客的行李包裹都需要通过托运进行运送，这就是说对行李包裹的实时追踪和匹配是一个物联网技术应用的常见问题。机场需要对行李包裹进行实时追踪，并将行李的条形码严格对应传送带上行李小车的编号，无论行李的位置如何，只要根据行李小车的编号就能够查询到行李的所在位置，对行李进行实时控制和追踪。不仅如此，在行李车间还需要使用视频摄像技术，通过监控摄像头监控行李车间的每一个角落，以便工作人员能够实时掌控行李的下落，避免行李的路径出现错误，当出现错误时依然通过物联网技术使行李返回正确的轨道，这样既有效减少了行李丢失事件的发生，又杜绝了行李被拿错的情况。另外，相信经常乘飞机出行的人们都曾体会到“航班延误”的严重性，这正是在当下民航业面临的最大问题之一。虽然还不能通过物联网技术从根本上解决这一问题，但是可以通过物联网技术将航班延误的损失降低到最低便是运营企业和相关部门最大的祈求。机场可以通过在飞机上装有的传感装置，获取航班的实时运行状态和位置信息，并且通过航空公司提供的旅客名单，经过物联网传递到每一位旅客的物联网终端中。这样，不仅能够减少机场内滞留的旅客数量，保证机场的安全有序，实际上也为乘客们提供了一定程度的便捷，能够实时查询到航班的延误时间和状态，随时调整出行计划。同时，机场所处的地位和性质都十分特殊，以致机场的安防管理一直是机场管理中的重中之重。机场的安全管理部门需要建立一个实时动态的、全方位的监控系统，同时希望通过物联网技术及相关设备，将机场中的每一个元素都纳入系统的分析和管理中，包括旅客、行李、车辆、安检人员，甚至机场环境。以此提供实时管理数据和预警，在加快其同行速度的同时减少对旅客的影响，通过技术手段能够更准确地获取每一个可疑目标，保证在有限的安全保护力量下发挥最大安全保护性能。另外，在机票防伪、门禁管理、仓储管理中机场都具有相应的需求。机场希望借助物联网技术实现智能化的机票，改变传统的购票方式和防伪方式，让违法违规分子没有可乘之机。同时简化

机场门禁管理，加快旅客和工作人员的安检速度，提高出行效率。对应地，在仓储管理中希望通过物联网和传感技术监控仓库物品的来源去向，实现仓库的精细化管理。

最后，在空中交通管理部门的需求中，物联网技术有助于推动新一代智能化、高度信息化的交通空中管理系统的建设和发展。空中交通管理部门主要实现航空安全风险管理、航空交通态势管理、航线规划和流量管理。在航空安全风险管理中，空中交通管理部门希望通过传感器采集航空飞行器的信息，控制飞行器的行为和状态，消除监控航空器运行存在的盲区，实现无缝化、全天候的全程监控，从而达到监控目的，使得航空安全风险降到最低。在航空交通态势管理中，空中交通管理部门希望通过物联网技术提供的详尽信息，结合 GIS 系统实现实时显示空中交通态势，并且根据不同用户群体提供不同的服务，例如对视图的放大、缩小、整图显示、地图刷新、视图切换等操作，以帮助各级管理人员达成目前空中交通态势的共同认识，便于管理航空交通态势。在航线规划、流量管理中，空中交通管理部门希望获得的信息根据飞机的实时动态情况调整航线，提高空中交通管理部门应对突发情况的处理能力，保证航空安全。并且，根据空中交通流量和空中交通管制能力适时进行调整，保证空中的交通流量最佳流入或通过相应区域，提高机场、空域可用容量的利用率。

5.3 智能交通的发展

5.3.1 智能交通的机遇和挑战

智能交通是物联网最具有应用前景的组成部分之一，车联网为基础所构建的绿色交通体系提高了车辆性能、提升了交通效率，同时降低了能源消耗，减少尾气污染排放。无论是从经济角度看智能交通所带来的经济效益，还是从环境角度考虑智能交通的必要性和重要性，或是从大数据、云计算等技术的角度分析智能交通发展的可行性，智能交通均具有十分良好的发展前景。因此，无论是从经济贡献方面，还是从环保方面，各个国家都对智能交通的推动作用给予了非常大的关注。但与此同时，发展智能交通的需求也说明了智能交通依然面临着很大的挑战。

首先，智能交通在感知、识别和检测技术方面将面临很大的挑战。例如自动驾驶车辆需要获得非常准确的车辆位置信息，甚至要达到厘米级别，但是传统 GPS 定位的精度无法满足此类需求。另外，如何监测驾驶员和车辆的状态，以及高速行驶车辆身份信息的识别，都是智能交通对感知和识别技术提出的新要求和新挑战。除此之外，技术上的挑战还包括通信技术的挑战。原有的单一通信技术无法满足智能交通系统的多样化需求，如何在高速移动的车辆上保证通信质量，以及如何保

证传输的高效率，如何有效避免信道冲突，如何保证低延迟等，这些都是智能交通系统在通信技术上面临的重要挑战。当然，在当今的大数据时代，面对庞大的非结构化数据，信息处理以及智能决策的挑战必然存在。智能交通系统的发展带来了海量的数据信息，又由于车辆的高速移动，这些数据信息具有十分明显的动态特征。因此，数据中心所面临的重大挑战则是对这些数据的采集、预处理、存储、查询等操作要求具有很强的时效性。同时，通过对交通数据的分析和挖掘，包括交通智能调度、交通状况预测分析、自动检测和预警等，智能决策支持即将面临极大的挑战。与此同时，针对我国当前的物联网技术发展的实际情况，在标签制造方面的技术依然有待提高，没有形成完整的产业能力，国内的传感产品方面主要集中在低端，在高速公路上实时采集交通流信息的自动监测点密度和规模上都与国外存在较大差距。因此，虽然我国的物联网智能交通发展已经起步，但在技术上仍然存在很多壁垒和挑战。

其次，在法律和机制方面，智能交通的发展也存在着很多挑战。由于物联网具有跨行业、跨领域、跨部门等特点，针对物联网在交通领域上的应用不仅涉及了交通行业各个业务领域的规章制度，同时涉及交通行业相关的各领域中的法制和机制。例如在车辆运行中涉及交通运输、公共安全、环保等诸多领域。各个领域及业务之间存在行业障碍和资源共享困难，并且每一个领域都有内部的工作规则和要求。因此，根据物联网、交通运输，以及相关业务制定出一套满足各种需求的运行机制是对智能交通发展的一项挑战。

最后，智能交通还存在安全和隐私障碍、应用方面的挑战、历史积累的种种挑战等，这些都会影响智能交通的普及和广泛应用。

5.3.2 智能交通的发展前景分析

智能交通系统是社会经济快速发展中面临的一个突出问题，目前我国政府非常重视并支持智能交通技术的发展和应用。从20世纪90年代开始组织智能交通的交流与合作，到2000年成立智能交通系统协调领导办公室，并在“九五”期间至“十三五”期间对智能交通的发展方式进行了具体规划。我国的智能交通研究存在很多问题，包括智能交通控制技术基本依赖进口，智能车路协同技术刚刚起步，产、学、研结合不足。我国智能交通在科技方面的发展趋势主要是：智能化的交通管理控制技术将会不断提升；综合交通运输协同技术会越来越多地受到关注；交通信息服务技术会在今后的一段时间内快速发展并且能够催生相关的产业发展；交通安全技术依然是发展的重要焦点；智能汽车与车路协同技术是智能交通的重要发展方向之一（孙文韬等，2016）。除了技术之外，对于智能交通的不同应用和具体实践内容也会随着社会的进步而快速发展。例如目前比较火热的“互联网＋”，很

多传统行业都会想方设法在所处行业中加上一个“互联网＋”。而智能交通这个行业也在智慧城市的建设过程中加上了一个“互联网＋”，形成了一个“互联网＋智能交通”行业，这样的系统也就应运而生(钱则人，2016)。“互联网＋智能交通”这个行业已经有2000多家企业从事，并且主要集中在道路监控、高速公路收费和系统集成等，具有十分强大的市场潜力。不仅如此，这个行业还受到了政府和很多大企业的支持，为了更好地发展智能交通，更好地建设智慧城市。另外，随着社会的信息化不断普及和发展，大数据问题成为学术界和产业界都十分重视的关键问题。因此，对于大数据与智能交通的结合，也是我们必须要考虑的重要内容。大数据技术包括大数据采集和管理技术，大数据存储技术，大数据检索和挖掘技术等，这些大数据关键技术在智能交通的发展中都起到了十分重要的作用。交通数据问题无疑是一个大数据问题，交通大数据主要来源是来自交通道路上卡口的过车记录(陈昱嘉，2016)。基于大数据技术的智能交通具有广阔的发展前景。智能化交通是交通领域的根本趋势，利用大数据技术和其他相关智能分析技术，并整合城市管理相关数据，将对智能交通的建设和完善具有强大的推动作用。目前大数据技术主要用在了交管部门和交警之处，交通数据的进一步联网开放，将为道路运行效率和丰富的交通应用提供保障。有了大数据技术的重要保证，智能交通平台的发展能够更进一步。但是，目前的交通数据仍然是传统的数据来源，还无法真正获得所有数据。例如，在停车场只能实现出入口管理，还不能实现停车场车位的实时智能管理(何遥，2016)。因此，对于系统平台的管理需要更快更好地向集成化、智能化转变，与多个系统实现连接联动，实现真正的实时、动态、准确的智能交通管理。

想必智能交通对于平常的百姓来说，最重要的应该就是城市智能交通系统。我国的城市智能交通系统发展空间也十分广阔，并且城市交通系统的产业化发展稳定且持续。我国在分析发展城市智能交通系统时，通过分析国内外智能交通技术和产业发展趋势，对明确我国具体发展趋势具有重要作用。交通大数据处理及服务，车联网和移动互联的智能交通应用服务，以及智能交通系统集成产业在今后的智能交通行业将拥有广泛的市场(张欢敏，2016)。我国应将智能交通自身的技术和特点与我国的交通具体特点相结合，并利用先进的信息技术，逐步建设完善的智能交通系统，高效服务于社会和人民，这也是我国智能交通系统发展的重要目标和发展方向。

5.4 本章小结

智能交通作为物联网技术的一个应用领域，本章首先介绍了智能交通的相关概念，并对其产生和基本框架进行了阐述。接着，介绍物联网与智能交通的关系，

尤其从智能交通发展物联网的需求和智能交通能够应用的物联网关键技术的角度进行介绍。最后，根据当前智能交通的发展现状，分析智能交通的机遇和挑战，并对智能交通的发展前景进行分析阐述。

思考题

1. 从不同角度简述智能交通的组成内容和结构。

2. 总结智能交通应用物联网的关键技术以及每项技术的主要内容。

3. 结合自身经历和体会，尝试分析智能交通的未来发展前景，并给出合理化的建议和对策。

第6章

智能医疗系统

本章学习目标

- 了解智能医疗的基本概念,包括智能医疗的产生背景、智能医疗的定义、智能医疗的组成部分及概念框架、智能医疗的特点及带来的好处。
- 理解智能医疗与物联网的相关内容,包括大数据物联网在医疗领域的作用、智能医疗应用物联网的关键技术、基于物联网的智能医疗相关应用。
- 了解智能医疗的发展,包括智能医疗的现状、智能医疗面临的挑战、智能医疗的未来。

6.1 智能医疗基本概念

6.1.1 智能医疗的产生背景

在现代社会,人均寿命越来越长,人们也越来越关注自身的健康,而当下的医疗系统有着太多不健全的地方,已经无法满足人们对于健康的期望,因此需要更完善的医疗系统。“智能医疗”这一概念便是在这样的大环境下应运而生。借助于当下迅猛发展的物联网技术,以及人工智能的专家系统还有嵌入式系统的智能化设备等,可以构建出理想的物联网智能医疗体系,满足现代人对于健康的迫切需求。

现如今,各国的公共医疗管理系统均有不完善之处。尤其在我国,医疗成本高、渠道少、覆盖面低等问题困扰着大众民生,以“效率较低的医疗体系、看病难且贵的就医现状、质量欠佳的医疗服务”为代表的医疗问题更是社会关注的主要焦点。大医院人满为患,社区医院无人问津,患者就诊手续烦琐……这些问题都是由于医疗信息不畅、医疗监督机制不全、医疗资源两极化等原因导致,医疗问题已经

成为影响社会和谐发展的重要因素。因此我们需要建立一套智能医疗信息网络平台体系，使患者无论在何时何地都能享受到安全、便利、优质的诊疗服务，从根本上解决“看病难、看病贵”等问题，真正做到“人人健康，健康人人”。

6.1.2　智能医疗的定义

所谓智能医疗，就是通过打造健康档案区域医疗信息平台，利用最先进的物联网技术，实现患者与医疗系统（包括医务人员、医疗机构、医疗设备等）之间的互动，逐步完成医疗信息化。在不久的将来，传感器、人工智能等高科技将更多地融入医疗行业中，使医疗服务走向真正意义的智能化，推动医疗事业的繁荣发展。

6.1.3　智能医疗的组成部分及概念框架

1. 智能医疗的组成部分

智能医疗由三部分组成，分别是智慧医院系统、区域卫生系统、家庭健康系统，如图 6.1 所示。

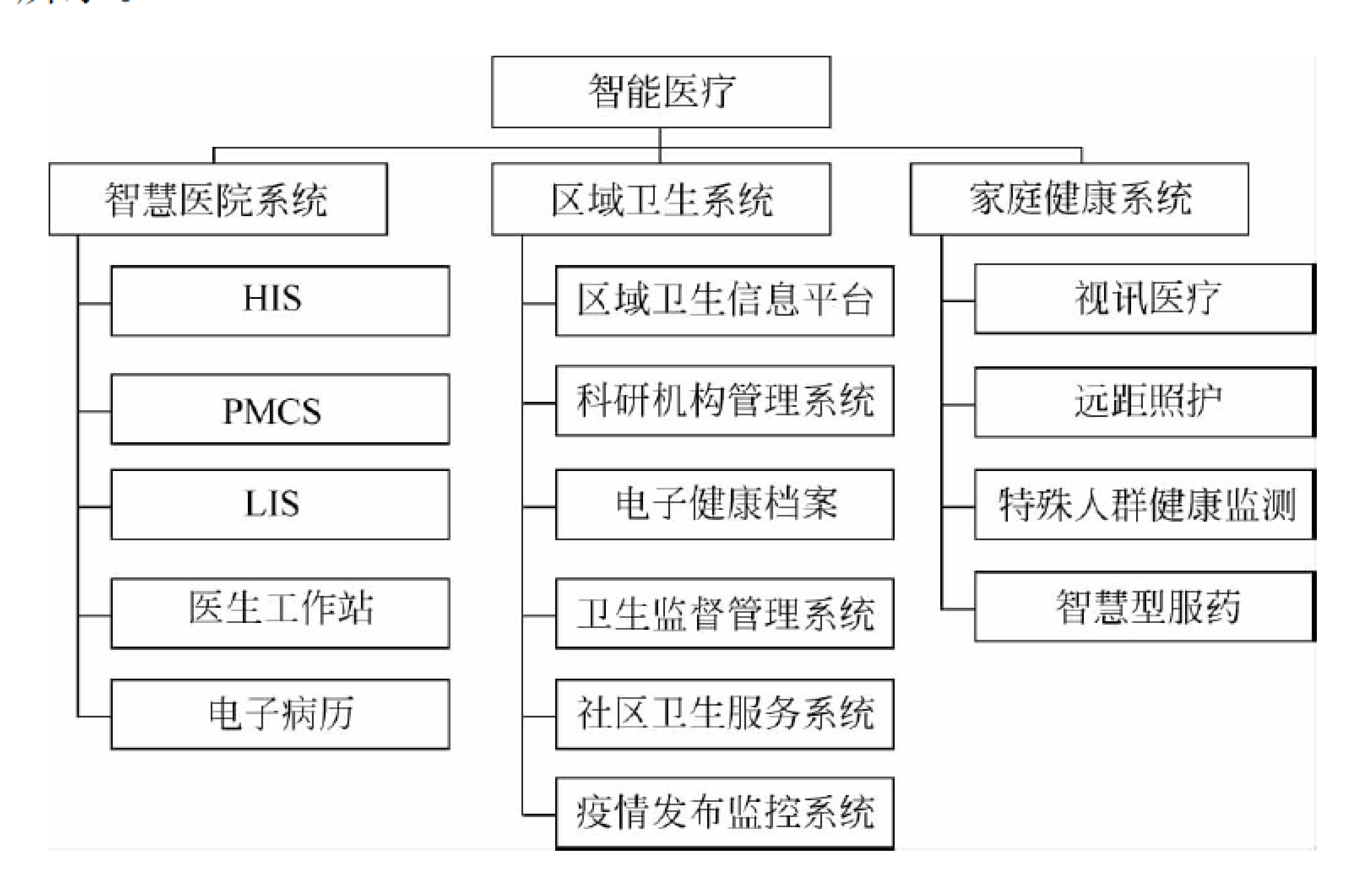


图 6.1　智能医疗组成部分

（1）智慧医院系统

智慧医院系统由数字医院和提升应用两部分组成。

数字医院包括医院信息系统、实验室信息管理系统、医学影像信息存储和传输系统、医生工作站四部分，实现患者诊疗信息和行政管理信息的收集、存储、处理提取及数据交换。

提升应用包括远程图像传输、海量数据计算处理等技术在数字医院建设过程的应用，实现医疗服务水平的提升，包括远程探视、远程会诊、自动报警、辅助决策、

智慧处方等。

（2）区域卫生系统

区域卫生系统由区域卫生平台和公共卫生系统两部分组成。

区域卫生平台包括收集、处理、传输社区、医院、医疗科研机构、卫生监管部门记录的所有信息的区域卫生信息平台；包括旨在运用尖端的科学和计算机技术，帮助医疗单位以及其他有关组织开展疾病危险度的评价，制订以个人为基础的危险因素干预计划，减少医疗费用支出，以及制定预防和控制疾病的发生和发展的电子健康档案。

公共卫生系统由卫生监督管理系统和疫情发布控制系统组成。

（3）家庭健康系统

家庭健康系统是最贴近市民的健康保障，包括针对行动不便无法送往医院进行救治病患的视讯医疗，对慢性病以及老幼病患远程的照护，对智障、残疾、传染病等特殊人群的健康监测，还包括自动提示用药时间、服用禁忌、剩余药量等的智能服药系统。

2. 智能医疗的概念框架

从技术角度分析，智能医疗的概念框架包括基础环境、基础数据库群、软件基础及数据交换平台、综合运用及其服务体系、保障体系五个方面。

（1）基础环境。建设公共卫生专网，实现与政府信息网的互联互通；建设卫生数据中心，为卫生基础数据和各种应用系统提供安全保障。

（2）基础数据库群。包括居民健康档案数据库、药品目录数据库、LIS检验数据库、PACS影像数据库、医疗人员数据库、医疗设备数据库六大基础数据库。

（3）软件基础及数据交换平台。提供三个层面的服务：基础架构服务，提供虚拟优化服务器、存储服务器及网路资源；平台服务，提供优化的中间件，包括应用服务器、数据库服务器、门户服务器等；软件服务，提供应用、流程和信息服务。

（4）综合应用及其服务体系。包括智慧医院系统、区域卫生系统和家庭健康系统三大类综合应用。

（5）保障体系。包括安全保障体系、管理保障体系和标准规范体系三个方面，从技术安全、管理安全和运行安全三方面构建安全防范体系，确实保护基础平台及各个应用系统的可用性、完整性、机密性、抗抵赖性、可审计性和可控性。

6.1.4 智能医疗的特点及带来的好处

1. 智能医疗的特点

与传统医疗模式相比，智能医疗有以下几个显著特点。

（1）互联性

不论患者身在何处，当地被授权的医生都可以透过一体化的系统浏览患者的就诊历史、过去的诊疗记录以及保险细节等状况，使患者在任何地方都可以得到一致的护理服务。

（2）协作性

智能医疗体系的实现，可以铲除信息孤岛，从而记录、整合和共享医疗信息和资源，实现互操作和整合医疗服务，可以在医疗服务、社区卫生、医疗支付等机构之间交换信息和协同工作。

（3）预防性

随着医疗系统对于新信息的感知、处理和分析，它可以实时地发现重大疾病即将发生的征兆，并实时地实施快速有效的响应。如果从患者的层面来说，通过个人病况的不断更新，对慢性疾病或其他病症都可以采取相对应的措施，有效预防病情的恶化或者病变的发生。

（4）普及性

为了解决“看病难”的症结，智能医疗可以确保农村和地方社区医院能与中心医院链接，从而实时地听取专家建议、转诊以及培训，突破城市与乡镇、社区医院与大医院之间的观念限制，全面地为所有人提供更高质量和惠民的医疗服务。

（5）创新性

智能医疗可以激发创新，提升知识和过程处理能力，进一步推进医疗技术和临床研究，激发更多医疗领域内的创新发展。

（6）可靠性

智能医疗在允许医疗从业者研究分析和参考大量患者信息去支撑诊断的同时，也保证了这些庞大的个人资料被安全地保护和储存，严格控制只有被授权的专业医疗人员能够使用。

2. 智能医疗带来的好处

与传统医疗模式相比，智能医疗可以给我们带来很多好处。

（1）减少医疗的费用——利用物联网技术的智能医疗的成本有望减少，这是非常大的好处，我们肯定需要；

（2）提高患者的疗效——智能医疗可以给患者提供更好、更快、更准确的治疗，患者康复的可能性也更大；

（3）实时的疾病管理——为了及时掌握自身的健康状况，通常我们需要定期去医院进行体检，而智能医疗可以帮我们免去这一麻烦。智能医疗可以给我们提供实时的、不间断的医疗监测，这些结果可以直接反馈到医生那里，帮助医生决定治疗方案，减少了我们必须拜访医生的时间；

(4) 提高生活的质量——智能医疗可以带来更加有效和有预防性的治疗，使得急慢性疾病患者们可以享受到更加正常的生活；

(5) 提高用户的体验——这里的用户不仅是指患者，还包括医务工作者，基于物联网的智能医疗系统可以减少他们的工作负载，使得他们能够更加容易地制定对策和执行任务。

智能医疗可以让整个医疗生态圈的每一个群体受益。数字化对象，实现互联互通和智能的医疗信息化系统，使整个医疗体系联系在一起，患者、医生、研究人员、医院管理系统、药物供应商、保险公司等都可以从中受益。智能医疗将可以解决现在城乡医疗资源不平衡以及大医院的拥挤情况，政府也可以付出更少的成本去提高对于医疗行业的监督。

6.2 物联网与智能医疗系统

6.2.1 大数据物联网在医疗领域的作用

物联网是当前最为热门的信息技术，从提出“物物相连”的理念，到实现无所不在的网络覆盖，对于全球信息行业来说，都是一个满怀理想，同时又有着艰巨挑战的课题。现如今物联网革新发生在各个领域，其中医疗领域是较为突出的。大数据物联网新技术在医疗领域的应用，不仅为病患带来了方便，在很大程度上节省了医疗资源，也同时给医疗市场注入了崭新的活力，使得医疗行业能够为人们提供形式更为多样的医疗保健服务，这将改变整个医疗行业的服务模式。

我国的医疗卫生体系正处在从临床信息化走向区域医疗卫生信息化的发展阶段。物联网技术的出现，不仅满足了人民群众关注自身健康的需要，而且推动了医疗卫生信息化产业的发展。在医疗领域，大数据物联网技术的应用潜力巨大，不仅可以帮助实现对人的智能化医疗和对物的智能化管理工作，支持医疗信息、药品信息、人员信息、设备信息、管理信息的数字化采集、处理、传输、存储、共享等，实现物资管理可视化、医疗过程数字化、医疗信息数字化、医疗流程科学化、服务沟通人性化，而且能够满足医疗健康信息、公共卫生安全、医疗设备与用品的智能化管理与监控等方面的需求，从而解决医疗服务水平整体较低、医疗平台支撑薄弱、医疗安全生产隐患等问题。

6.2.2 智能医疗应用物联网的关键技术

(1) RFID 技术

RFID，又被称为电子标签，是整个物联网技术中的核心。在物联网中，物品之间能够彼此进行“交流”，而不需要人为手段来干涉，其本质是利用 RFID 技术，通

过计算机互联网，实现物品之间的自动识别和信息的互联与共享。

在智能医疗中 RFID 技术的应用，通常是通过多种方式附着在物品、资产或者人员身上，作为其唯一的身份标识，并将采集到的各种相关数据上传至阅读器，再通过有线或者无线方式传输到后台主机系统，利用特定程序解析出相关有用信息，激发应用系统的后续控制机制。

（2）无线传感网技术

无线传感网，是指通过在监测区域内部署大量传感器节点，从而构成的自组织的无线网络系统。通过该系统，我们能够实时地检测、感知和采集监测区域内研究者所感兴趣的感知对象及其相关信息，并对这些信息进行处理，再通过无线网络最终发送给研究者。

在智能医疗中，由于无线传感网技术本身的优点（如费用低廉，能够简便、快速、实时、无创地采集患者的各项生理参数等），在医疗研究、医院普通/重症监护病房或者家庭日常监护等领域中的发展潜力巨大，因此是目前智能医疗领域的研究热点。例如，在患者身上放置微型传感器节点来检测人体参数，可对患者的心率、心电、血压等生理参数进行实时远程监测，并汇总信息传送给监护中心，及时进行处理与反馈。在医疗研究方面，利用无线传感网技术，可以长期收集被观察者的人体生理数据，对于了解人体健康状况以及研究人体疾病都很有帮助。除此之外，在研制新药品、药物管理、血液管理等诸多方面，无线传感网也有其独特的应用。

总而言之，无线传感网为远程医疗监护系统提供了更加简便、低费用的实现手段。现如今，无线医疗传感器节点正向着多参数、智能化、微型化、低功耗等方向发展，这意味着无线传感网也将逐渐被实际应用于医疗领域。

（3）Web 服务技术

Web 服务技术是一种新的分布式计算技术，通过将传统的 Web 应用程序中的核心业务进行抽象封装，并置于第三方机构中，从而实现应用程序之间的相互操作，使得各种计算平台、手持设备、家用电器等都能够对其进行动态查找、访问和订阅，极大地拓展了应用程序的功能，软件的动态绑定也得以实现。

利用 Web 服务技术，医院信息平台和外部系统之间可以相互操作，并且应用程序的封装性、使用标准协议规范、松散耦合、高度可集成、易构建等特点也得以保证。该技术还能够用于整合基于第三方的医疗信息平台之间的资源，从而实现电子病历的存储与共享，实现全民性的电子健康档案。

（4）云计算技术

云计算是一种并行的分布式系统，由虚拟化的计算资源构成，可以根据服务提供者和用户事先商定好的服务等级协议，动态地提供服务，具有服务资源池化、宽带网络调用、可扩展、可度量等特点。

智能医疗领域中云计算技术的应用被称为“健康云”。在传统的医疗系统中，服务器、网络设备和存储设备等各种IT基础设施是分散的，由于系统之间相互分离，无法实现对信息的有效共享和对医疗系统的统筹管理。云计算技术可以对医疗系统进行优化和动态管理，可以通过整合分散的系统，从而形成统一的医疗信息基础设施，为每一个人提供多种类型的健康管理应用，并制订个性化的健康管理方案。

（5）中间件技术

物联网中间件的核心作用，在于将实体对象转换为信息环境下的虚拟对象，因此其最重要的功能是数据处理。与此同时，中间件还能对数据进行搜集、过滤、整合以及传递，从而能够将正确的对象信息传递到后端的应用系统。

不同的应用领域对于结点控制的实时性、可靠性、安全性的要求均不相同，因此，需要针对实际应用领域，设计和实现控制力度适当的应用中间件。物联网应用中间件的设计和实现的过程中，需要参照物联网相关领域的应用平台服务接口标准，如果是一个全新的物联网应用领域，可以提取与实现无关的部分，形成该领域的物联网应用平台服务接口技术规范。

中间件在医疗物联网应用领域中的主要作用，是隔离底层医疗信息感知网络与上层应用，以及屏蔽底层各个生理信息采集设备在数据格式、通信协议等方面的差别，为上层应用的开发提供统一的数据处理、网络监控以及服务调度接口，达到简化医疗健康服务网络的部署和相关应用开发的目的。

（6）大数据技术

物联网目前在医疗领域中的应用仅仅局限于某个单一业务。未来的智能医疗物联网中，RFID标签及无线传感网将遍布医疗卫生系统的各个角落，这些设备会源源不断地产生大量的数据，对于这些数据，我们需要云计算的基础平台与支撑技术，将医疗服务机构中的业务按照紧急程度进行分类，并且按照处理模式的不同对不同业务采取合适的技术进行处理，对相应数据进行集成分析，最终得出对医疗有价值的数据。

6.2.3 基于大数据物联网的智能医疗相关应用

1. 智慧医院

所谓智慧医院，就是利用物联网技术，实现患者、医务人员、药品、器械、医疗设备、医疗场所等系统之间的有效互动，按照一定的管理标准和规范进行有序的管理，在控制下实施运作，在保障医院的基本医疗安全的同时，提高医院的医疗质量、医疗水准和工作效率。大数据物联网背景下的智慧医院总体架构如图6.2所示，主要分为数据感知、数据传输、应用服务等层次。

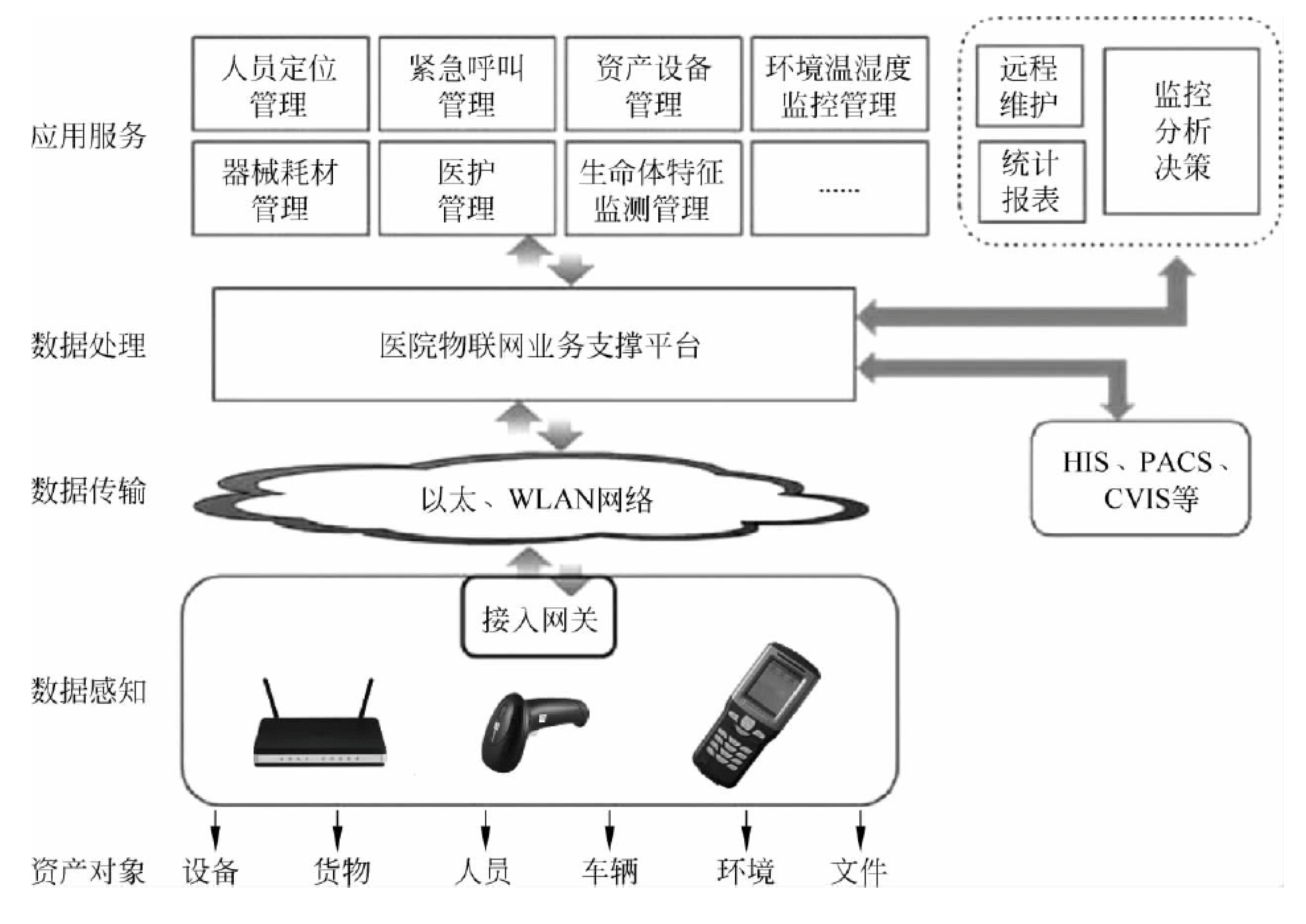


图6.2　智慧医院总体架构①

（1）数据感知——体现了大数据物联网应用的技术特点。与互联网应用不同，物联网应用需要关联标签与资产对象，通过数据采集终端来获取资产对象的相关数据，例如人员位置、业务处理流程、环境温湿度、患者生命特征等。医院物联网资产涉及医务人员、重点病患、婴幼儿、医疗器械、医疗设备、医疗垃圾、车辆、药品存放室、疫苗存放室、血液存放室等，是一个广义概念。标签将监测的数据接入网络，实现数据中转。对于无源标签，需要通过手持终端或者固定阅读器进行扫描，读取数据；对于有源标签，标签会定期发射信号，信号内包含传感器检测数据。

（2）数据传输——负责感知层的数据传输，可以使用医院本身的有线无线网络，也可以使用运营商的无线网络。为了保证感知层数据的安全，方便维护和管理，一般在感知层和网络传输层之间架设接入网关。以使用WLAN网络为例。将Wi-Fi无线路由器部署在需要管理的区域，通过无线路由器接收固定阅读器、手持终端、有源标签发送的数据，根据协议要求转发数据给物联网业务支撑平台。无线路由器要支持数据、语音、视频、定位等多种业务数据并发，至少需要配置2个SSID，并引入WAPI认证机制。只有拥有合法数字证书的标签、阅读器、手持终端等产品才允许接入网络并传输数据，从而保证医院Wi-Fi覆盖的安全性。

① 图片来源：http://www.iotworld.com.cn/eWebEditorUpLoad/2013-12/74287dd53ee87a31dc5.jpg。

（3）应用服务层——根据医院业务流程的需要所定制开发的应用服务，支持模块化实现，例如特殊患者定位系统、重点患者紧急呼叫系统、重点患者生命体特征监测系统、危重患者防摔系统、婴儿安全管理系统、医护人员紧急呼叫系统、医疗物资设备全生命周期管理系统、医疗垃圾管理系统、环境温湿度监测系统等。与此同时，为了方便医院信息化平台的集成，应用服务层对外提供 Web Service 接口，方便实现与医院现有 HIS（Hospital Information System，医院信息系统）、PACS（Picture Archiving and Communication Systems，影像归档和通信系统）、CIS（Clinical Information System，临床信息系统）等系统对接，实现数据共享。

之所以要建设智慧医院，是为了方便患者就医，简化流程，降低成本，实现患者就医智慧化。智慧医院以全面应用信息技术为基础，以管理信息化、作业网络化、医疗数字化、智慧人文化为目标和手段，完成医院现有的信息系统软硬件、医疗设备、管理制度等各方面资源的数字化整合，从而搭建起技术精湛、服务优质、运营高效的现代化医院管理与服务的新模式。

2. 远程监护设备

远程监护设备是迈向更加智能的医疗的第一步和最重要的一步，这些智能医疗设备可以让患者随时随地享受到过去只能在医院或者其他医疗机构中才能享受到的监护水平。这些设备利用基于互联网的无线通信技术，使得医务人员可以实时追踪患者的健康状态、身体活动和药物消耗状况，当紧急情况发生时也可及时通知家属或监护人。

以下仪器如今都可以嵌入可穿戴设备中，进行远程监护。

（1）血糖监测仪，追踪血糖水平。

（2）血压监测仪，追踪实时血压读数。

（3）心电图监测器，追踪心脏活动。

（4）脑电图头戴式监测器，追踪大脑活动。

（5）心率监测仪，追踪每分钟心跳次数。

（6）肌肉脂肪监测仪，通过肌肉收缩率传感器来为健身训练提供帮助。

（7）怀孕监测仪，追踪未出生胎儿的各项关键指标。

（8）脉动血氧定量计，通过传感器监测脉动和血氧溶解量。

（9）睡眠监测器，追踪和评估睡眠模式。

（10）压力监测仪，通过追踪运动和呼吸模式来确定是否处于压力或注意力分散的状态，如图 6.3 所示。

我们可以将从每个设备上获取的数据整合为更大的系统（尤其是同一时刻的数据），抑或是通过智能手机应用来追踪。这些数据可以进一步传送到医生的手机或计算机上，帮助医生做出下一步决策。

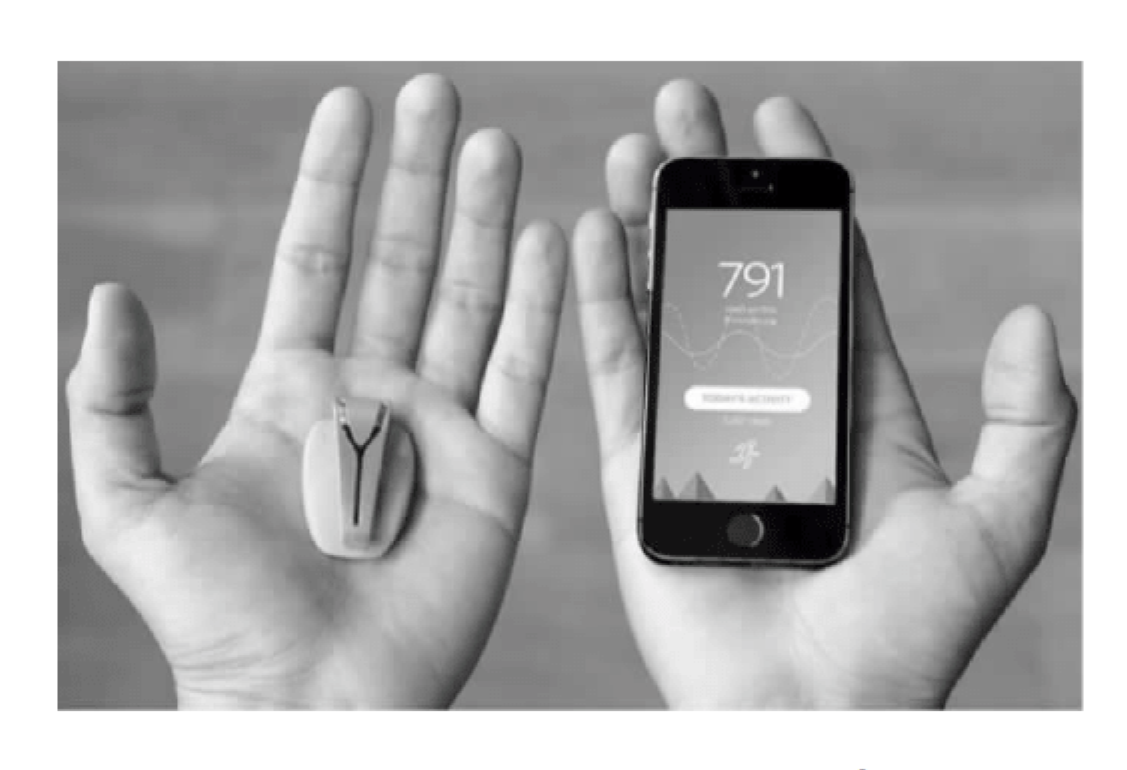


图 6.3 某品牌压力监测仪[①]

我们可以畅想，未来还会有更多更先进的应用。例如，如果有可能把微型摄像机做成可吞服药丸的形式，就可以让医生在没有任何手术风险的条件下观察你身体内的情况。再如，想象一种类似于纹身的皮肤补丁，其包含柔韧的、可拉伸的电子传感器，用来监护心脏、大脑和肌肉的活动，或者以一种非侵入的方式，远程地刺激肌肉。

利用所有这些连接到中心监护系统的设备，医生可以迅速方便地利用患者的信息，无论是历史信息还是当前的信息。这些数据可以和其他联网设备收集到的数据整合，如智能体重秤、健康手环、智能手表等，从而提供关于患者健康的更加完整的描述。

3. 个人电子健康档案

当今医疗体系所面临的挑战之一，就与患者的医疗档案有关。每个医生都保存有自己的关于患者的档案，每家医院和诊所中也是一样。但是并没有一个为患者的医疗记录准备的中心档案库，也就是说，没有什么地方是用来存储和核对这些信息的。如果考虑到可穿戴医疗设备收集到的数据，这情况就变得更糟了，健身手环、智能手表或者可穿戴血压监测器收集到的数据并不能和其他的医疗档案整合在一起。

从智能医疗的角度来看，所有的医疗档案都应该被集中管理，这样每个医疗服务提供者都能够看到在你身上发生的全部情况，以及其他医院之前的诊断意见。想要更加有效和高效地实现医疗档案管理，关键是求助于电子化。这意味着，我们需要建立一个可以供多个医疗服务提供者利用的计算机数据库，以数字方式来保存医疗档案。这还意味着，我们要将已有的纸质档案数字化，这个任务相当艰巨。一旦将医疗档案都实现电子化，就要找一个地方来存储它们。由于医疗档案需要被所有医疗服务提供者（当然，也包括患者）使用，这就意味着云存储。当医疗档案

① 图片来源：http://www.beyondarchitecture.cn/uploads/141204/3-1412041H605H2.jpg。

存储在云端,任何被患者授权的医务人员都可以利用患者的档案来查看最新的实时信息。

我们将这种集中电子化的医疗档案称为个人电子健康档案(Personal Electronic Health Record,PEHR)。PEHR 可以有效地减少纸质文件,加速流程,帮助医务人员提供更快的、更准确的诊断。目前有很多公司正在从事这项业务,Apple 公司也是其中之一。

Apple 的 Healthkit 服务要扮演一个患者健康信息的档案库,并与医生和医院分享这些信息。如图 6.4 所示,相关数据是由其旗下的 iPhone 和 Apple Watch 上运行的 Health 应用收集到的,包括血压、心率、体重等。Healthkit 最初的设想是帮助医生来监护具有慢性病的患者,比如糖尿病和高血压。在 2015 年年初,Apple 公司已经和美国 23 家顶级医院中的 14 家签订了这项服务的合作。



图 6.4　Healthkit 服务中心①

4. 其他应用

(1) 智能药箱

用药是医疗流程中必不可少的一个环节,尤其对于那些靠药物维持的老年人来说更是如此。我国目前正处在人口老龄化程度逐渐加深的阶段,空巢老人数量越来越多。那些患有各种慢性病的老人,如高血压、糖尿病等,一旦忘记服药、不按时服药甚至服错药,都是极为危险的事情。因此我们需要一款装置,能够帮助老人按时服药、服对药,一旦老人没有按时服药,还能够及时通知子女或者医疗单位。一个智能药箱便可以满足以上要求。

现在已经有一些成熟的智能药箱产品。以某网站上销售的某个品牌的智能药箱为例,如图 6.5 所示。只需将一周内老人需要服用的药物配好放入药箱中,这款智能药箱便能在规定时间响起蜂鸣声,提醒老人吃药。老人只需要按一下药箱上的按键,当前时段应该服用的药物就会自动推送出来。这款药箱还可以安装 SIM 卡,一旦老年人忘记服药,药箱还可以将这一情况通过无线数据传送至智能平台,

① 图片来源:http://res.vobao.com/res1/201409/1013/1410315139979_796399186899409.jpg。

其子女或者其他监护人通过平台 APP 就能直接看到这些记录，方便照顾和提醒老人。



图 6.5　某品牌智能药箱①

（2）智能病床

住院的人，尤其是那些患有重病，需要实时监测人体生理指标的患者来说，一定有这样的烦恼：身体上会连接着各种各样的仪器，行动颇为不便。这不禁让人思考：是否能有一种方法，既不会影响患者的日常活动，也能够对患者的各项生理指标进行实时监测？以色列的 EarlySense 公司就能够做到这一点。

该公司开发了一款非接触式病床传感器。这款传感器可以放置于患者的床垫下方，用于监测患者心率、呼吸频率以及活动情况。该产品可以监测那些身患重病、需全程跟踪，但不愿或不需身体接触监测仪的患者的病情。其配套的监测系统可以对患者的生命体征进行大数据分析，以得知患者的健康情况，并帮助工作在无监控病房的医护人员及时了解患者的病程发展。与此同时，该监测系统的使用为护理人员提高了工作效率，并降低了普通病房和重症监护病房患者的住院天数。

6.3　智能医疗系统的发展

6.3.1　智能医疗系统的现状

（1）应用范围广泛

随着物联网应用系统和终端产品的逐步成熟完善，智能医疗的应用范围也在逐步拓宽，逐步覆盖用户的整个生命周期，从新生儿出生、儿童健康检查、预防接种，到老年人健康管理、健康教育等一系列活动。

（2）物联网健康终端需求增加

据美国 ABI 公司预测，整个 2016 年，可穿戴设备在市场上的需求将超过 1 亿

① 图片来源：http://www.newplan.com.cn/upfiles/image/image/20150901/20150901101707_34644.jpg。

台，其中 8000 万该类设备将成为健身感测器。在体育、健身还有临床上供消费者使用的心率监测器和可佩戴血压计等设备，以及蓝牙 4.0、ZigBee 等新型低功率无线技术与社交网络和智能手机的结合，都将促进无线感测器的应用。从目前来看，物联网健康终端产品将成为健康业务不可或缺的一部分，同时其需求也将随着智能医疗工程的应用而急剧增加。

(3) 智能医疗信息互联互通逐步普及

随着区域智能医疗服务平台的搭建，在未来，智能医疗将真正实现医疗信息的互联互通。据预计，智能医疗工程将是一个多层面的数据处理平台，通过关联、估计和组合多个信息源的数据，全面加工和协同利用各系统及物联网多元数据相关信息，最终实现智能医疗信息的融合。

现如今，世界各国均在大力发展智能医疗。作为世界第二大医药公司的美国 MEREK 公司，运用先进的移动技术来构建 GBS(Global Business Service，全球商业服务)医疗解决方案，从而减少医院高昂的住院开支；德国制药厂商如今使用超高频 RFID 标签追踪药品；西班牙电信正在进军电子医疗业务领域……

6.3.2 智能医疗系统面临的挑战

智能医疗产业结构和利益链条形成过程较为复杂，需要有新的商业模式和服务方法来整合利益关系，调整利益结构和转变分配方式。目前来看，智能医疗系统技术、标准、产品、应用以及政策层面均呈现出良好的开端，各国政府在推行医疗制度改革过程中，都制定出相应发展规划和产业政策加以推动。但从现阶段实施情况分析，仍然面临着法律制度、结构协同、服务理念等诸多问题和挑战。

(1) 政府法律保障

智能医疗中的个人健康信息不仅涉及个人隐私，还涉及医务人员的职责。怎样保证广大市民在最大限度地享受到医疗健康服务的同时，又能够尽可能保证自身的隐私安全，这是需要政府通过制定相应的法律法规和制度，以及完善监督管理体系才能解决的问题。

(2) 产品化与市场准入

现有的智能医疗系统产品多数尚处于初级阶段，成熟度较低，缺乏相对应的产品、技术专业标准，套用标准较多，产品结构功能设计思路混乱，使用过程复杂，难于掌握。由于系统庞大、特殊、复杂，新企业很难取得相关资质，与市场规定准入条件和指标要求差距较大，难于形成、遵循和符合市场公平性原则。

(3) 关键技术创新、突破与提升

智能医疗技术涉及医疗专家系统技术、医疗感知技术、电源管理与运用技术、网络通信的软硬件技术、信息融合技术、大数据和云计算技术等众多技术，在研发

过程中需要持续不断地融合、突破和创新，在此过程中除了持之以恒、不懈追求之外，还要有大量的资金投入。

（4）商业模式创新

智能医疗涉及行业领域范围较为宽泛，产业结构和利益链条形成过程较为复杂，收益泼洒在各个环节上厚此薄彼，需要有新的商业模式和服务方法来整合利益关系，调整利益结构和转变分配方式。

（5）标准化与规范

系统涉及信息采集、网络通信、信息处理、终端接口、功能结构等多个环节，现有业务与技术标准涉及领域宽泛，形成各类标准盘根错节、乱象丛生、错综复杂，大量的标准已过时，需要重新制定，历史堆积问题日趋严重，负面影响日渐凸显。

（6）资源配置与协调问题

长期以来医疗机构形成了条块固化模式，网络集成与服务商结构也颇为复杂，资源分配方式、技术协调对接、服务协同管理等缺乏有效的手段，市场、技术资源分配缺乏有效的约束与管理。

（7）规范运营服务和管理

医疗行业由于长期属于资源短缺行业，形态比较稳定和优越。随着智能医疗的应用，商业模式的创新与变化会对医疗行业从业人员和机构形成一定的压力，迫使其改变传统工作形态。服务意识有待改变，服务理念有待更新。

（8）医疗知识普及与培训问题

传统医疗理念中人们对于健康管理的认识远远不够，对于健康知识的认知甚少，重治疗轻预防的现象较为普遍，对于治疗过程的了解知之甚少，部分治疗服务方式难以被接受，形成严重的信息不对称，也成为医患关系紧张和健康问题社会化的根源。无论是产品的使用者还是医疗服务者都需要进行相关业务知识的培训和信息技术普及，在一定程度上成为普及智能医疗的难点。

6.3.3　智能医疗的未来

（1）移动医疗 APP 前景广阔

所谓移动医疗 APP，指的是基于苹果、安卓等移动终端操作系统的医疗类应用。这一类应用具有十分广阔的前景。

由于移动医疗改变了从前人们只能前往医院看病的传统生活方式，为大众提供了一种更为先进、轻松、便捷的就诊模式，整个移动通信产业近年来逐步视之为热点。另外，在移动运营商、医疗设备制造商、芯片企业、应用开发商等通信产业链的各个环节看来，移动医疗是一项颇具潜力的“朝阳产业”。随着科技巨头纷纷进军智能医疗，科技产业的重心正在逐渐变迁，移动通信行业向医疗保健行业的进

军，将朝着数万亿美元的规模进发。

(2) 迈向5P医学时代

随着移动互联网与医疗健康的高度融合，医学模式将发生革命性的变化。所谓5P医学，指的是预测性（Predictive）、预防性（Preventive）、参与性（Participatory）、个体化（Personalized）和精准医疗（Precision Medicine）。5P医学模式已成为医学发展的趋势，医疗健康发展面临着新的机遇和挑战。5P医学理念的深入发展，将使得传统的诊疗模式发生变化，全过程的健康管理将取而代之，一个以患者为中心的新型医疗模式即将到来。

(3) 医疗信息系统发展趋势

医疗信息系统的发展将呈现四个方向的趋势：从单一医院内部的信息化建设向医院集团内统一的信息系统及区域医疗卫生一体化方向发展；从单纯的医疗业务信息化、数字化、省时、省力等向提高医疗安全性、促进医疗过程规范化的方向发展；从孤立的疾病管理信息系统向兼顾医疗健康全过程管理发展；从单纯考虑到数字的采集、存储、安全性等向数据的分析、利用其以提升医院经营水平、提高医疗服务质量、提供决策支持等方向发展。

(4) 建立智能医疗云

在国务院"十二五"医改规划实施方案中增加了这样的描述："利用'云计算'等先进技术，发展专业的信息运营机构"。这意味着除了医院和卫生主管部门，企业也可以参与医疗相关的信息运营服务业务，这对于医疗产业来说是一个重大突破。但具体应该如何落实，还需要企业利用云计算技术，探索出新的服务模式。

(1) 建立云平台远程医疗和双向转诊

上级医院的医生可以通过计算机，为协作医院的患者提供远程诊断、阅片服务。当基层医院的患者需要转诊到上级医院时，可以通过云平台将相关的电子病历一并传输过去，这样可以避免重复检查。在上级医院进行手术后的患者可以转移到社区医院康复，上级医院仍然可以远程随访。

(2) 建立区域医院信息系统

基层医疗机构不再需要自建系统。基层医疗机构的医生只要打开浏览器，用分配的账号登录，系统将自动呈现与医生角色相对应的功能界面，与同一个区域内的医院在一个终端上操作医疗服务、健康档案管理等功能。

6.4 本章小结

智能医疗颠覆了原有的传统医疗模式，开启了一个崭新的医疗时代。在这个崭新的时代中，无论是患者还是医务人员，都能够从中获益。从患者的角度来看，

智能医疗的出现，不仅大大减少了看病的成本，更重要的是，使得原本在传统医疗模式中处于弱势一方的患者能够掌握主动权，真正做到“我的健康我做主”。从医务人员的角度来看，智能医疗的出现，不仅能够加速诊疗流程，同时能够帮助医生做出更为准确的诊断，有助于减少医患纠纷。

本章对智能医疗进行了较为详细的阐述，包括智能医疗的背景、定义、架构、特点，智能医疗与物联网的关系及相关应用，还有智能医疗的发展情况等，帮助读者从多个方面来了解智能医疗这一新概念。

思考题

1. 相比于传统医疗，智能医疗有哪些不同之处？
2. 试阐述物联网技术对于智能医疗系统发展的作用。
3. 试列举更多的智能医疗的应用（实际的想象的均可）。

第7章

应急管理信息系统案例研究

7.1 基于移动终端的应急信息系统

7.1.1 背景介绍

随着移动网络、无线网络的发展和移动设备的普及，人们可以通过更多的途径，将更多的不同类型的信息通过网络共享给其他人，部分外界信息也能够被即时地获取和传递。如何利用健壮普及的通信手段以及网络中的大数据，有效挖掘和利用上面的信息，对于经济生产和生活都有重大意义，既是挑战也是机遇，这也对信息系统的更新和应用提出了新的要求。

社会活动通过不同的网络进行联系，从而维持平稳运行。这些网络包括物流网、信息网、人际网、车联网等，总而言之，都是物联网的组成子集。突发事件的主要特征之一就是对于现有网络的破坏。若能迅速判断现行网络的运行情况，发现其破坏的结构和程度，并迅速重构有效的社会信息网络，对于突发事件的管理和控制来说十分重要。在以上不同措施中，信息网络的重构是完成其他工作的前提。正因如此，应急管理研究的一大命题就是，在突发事件发生后迅速重构该区域的信息网络，并实现重要信息之间的有效交互和全局的统筹规划指导。

非常规突发事件则具有前兆不充分、性状复杂、破坏严重等特点，利用常规管理方法难以有效地应对，对现代社会提出了更多应急管理的要求（梁循等，2013）。近年来的非常规突发事件频繁发生，如2001年美国的“9・11”事件、2008年汶川地震、2011年日本地震、2015年的盐城龙卷风等。基于问题的多发性和严重性，要求能够建立一套应急决策和管理机制。而物联网的发展，能够将更多的信息实时

交互，正确有效地利用最新的技术发展，有很大的应用前景。

应急管理研究已逐渐发展成熟，目前的研究综合应用了管理科学、心理学、信息科学等学科的研究优势，专注于研究突发事件的信息处理技术和对演化规律进行建模，探究可行的应急决策和对策理论，并对应急状态下的个体与群体的心理、行为的规律等方面进行了深入的探索（祁明亮等，2006；钟永光等，2012）。研究主要可以分为两个层面，一是机制层面，在这一方面主要以应急管理系统为研究对象，探讨应急管理系统的结构和组织形态以及它们之间的联系（王文俊等，2005；寇纲等，2011；徐连敏等，2011）。二是机理层面，主要从研究突发事件的自身出发，探究其发生、发展、消亡的演变规律，同时分析对应的应急管理的规律。

截至目前，绝大部分的相关研究还是以计算机网络或数据库为中心（谢旭阳等，2006；吴志丹等，2012），且有一个重要的前提是原有的信息网络需要存在并且能够正常工作。但是在实际的非常规突发事件中，原有的信息网络可能会丧失部分功能。因此，我们需要将更多、更及时、更全面的数据利用起来，重构一个高效的应急信息系统，集成具有不同功能的子系统，让信息的采集、汇总、利用和指导有机结合起来，统筹指导现实中的非常规突发事件的处理。在这一章中，我们将利用目前普遍使用的移动终端，在灾难发生后，重构应急的社会信息网络。

7.1.2　移动终端及 ZigBee 组件简介

移动终端或者叫移动通信终端，广义地讲包括手机、平板电脑、笔记本甚至包括车载计算机等非固定计算设备，是指可以在移动中使用的计算机设备；目前可穿戴智能设备也正逐步发展起来。但是在大部分情况下，移动终端是指手机或者具有多种应用功能的智能手机以及平板电脑，使用最广泛的就是智能手机。

市场研究机构 IDC 的最新报告显示，2015 年全球智能手机发货量增长 10%，达到 14.33 亿部。而爱立信移动报告指出 2015 年第 3 季度来自智能手机、平板和笔记本的移动数据流量相比较去年同期增长了 65%，且预测在 2021 年年末，90% 的网络流量将会被智能手机所支配。可以发现，智能移动设备已经有巨大的应用市场，而且在未来会表现得愈加重要。同时，智能手机已经内置了功能不同、种类繁多的传感器，越来越大的外置传感器也能通过有线接口或是无线网络与手机相连。且智能手机已经被成功地普及，其便携性和适用性使其成为人们身边不可或缺的电子产品，而它产生和接收信息的能力也让其成为物联网大潮中越来越重要的一员。

现代的移动终端已经是一个完整的超小型计算机系统，拥有极为强大的处理能力、内存、固化存储介质以及像计算机一样的操作系统，可以完成复杂的处理任务。移动终端也拥有非常丰富的通信方式，通过 CDMA、GSM、EDGE、CDMA、3G

和 4G 等无线运营网通信，或是通过无线局域网、蓝牙和红外进行通信。同时，移动终端还可以加装 ZigBee 组件，形成自组网系统，以实现特定的目标。

在各种通信协议及组件中，ZigBee 具有低速、低耗电、低成本、低复杂度、可靠、安全、通信距离大(可达 2000M)、支援大量网络节点(65000 个)、支援多种网络拓扑(点对点、点对多点，对等网等)等优势，是近年来发展良好且最为典型的协议之一。而且，它价格便宜，一般性产品在百元级别，适宜大批量生产和使用，非常适合在突发情况下由移动终端持有人进行组网实现自救性信息通信。

7.1.3 基于移动终端的应急系统设计

在极端自然灾害和公共突发事件发生时，及时、准确、全面地收集当前境况下的外部自然信息、人民群众信息和多方位的救援指挥信息，全方位有效整合各种信息，从全局进行统筹，从局部进行突破和实施救援计划，能够有效地将突发事件的损失降低到最小。而这对于信息的收集、存储、处理和决策都提出了很高的要求，基于移动终端的应急系统设计则能够满足这一类需求，为应急事件的处理争取更多的有效时间并有利于采取更为高效的行动，实时显示各类信息和分析的结果，随时调整灾害信息和救援计划，能够提供全过程、多层次有效服务和决策支持。应急管理信息系统设计目标为整合现有的各应急子模块，开发并加入基于移动终端的应急子模块，建立统一、集中的应急管理数据仓库，并基于此开发相应的模型，最终形成的应急管理信息系统包含实现信息发布、指挥调度、监测预警等专业应用功能，可以提高应对极端自然灾害和公共突发事件的指挥调度能力，为极端自然灾害和公共突发事件的整体决策提供科学依据和技术支持。

基于移动终端的应急管理信息系统的总体设计框架如图 7.1 所示，其主要功能模块包括数据信息的实时采集、实时信息的处理、突发事件的实时监测预警、应急管理模块的模型设计、数据的展示、重点支援对象的发掘与实时发现跟踪。

基于应急管理信息系统的框架，下面对各部分进行详细介绍和说明。

(1) 数据信息的实时获取与收集

极端自然灾害和公共突发事件的应对对于实时性和准确性要求很高。一方面要准确把握地理区域的数据信息，该信息有助于了解事件发生时的自然和地域条件，为处理突发事件提供第一手资料，可以从地理信息系统获得。另一方面，需要准确把握当地的人口统计数据信息，该信息可以为极端自然灾害的救援提供有效且重要的参考，为有效的缓解矛盾和多方协调提供了数据基础，同时为公共突发事件提供人口的统计学特征。另外，移动终端设备可以实时捕捉位置信息，提供可靠的移动数据信息，即便是在极端正常的设备可能无法使用的情况下，也可以通过移动基站或是利用蓝牙等基于移动传感器的数据实时探测人和物的具体情况，各种

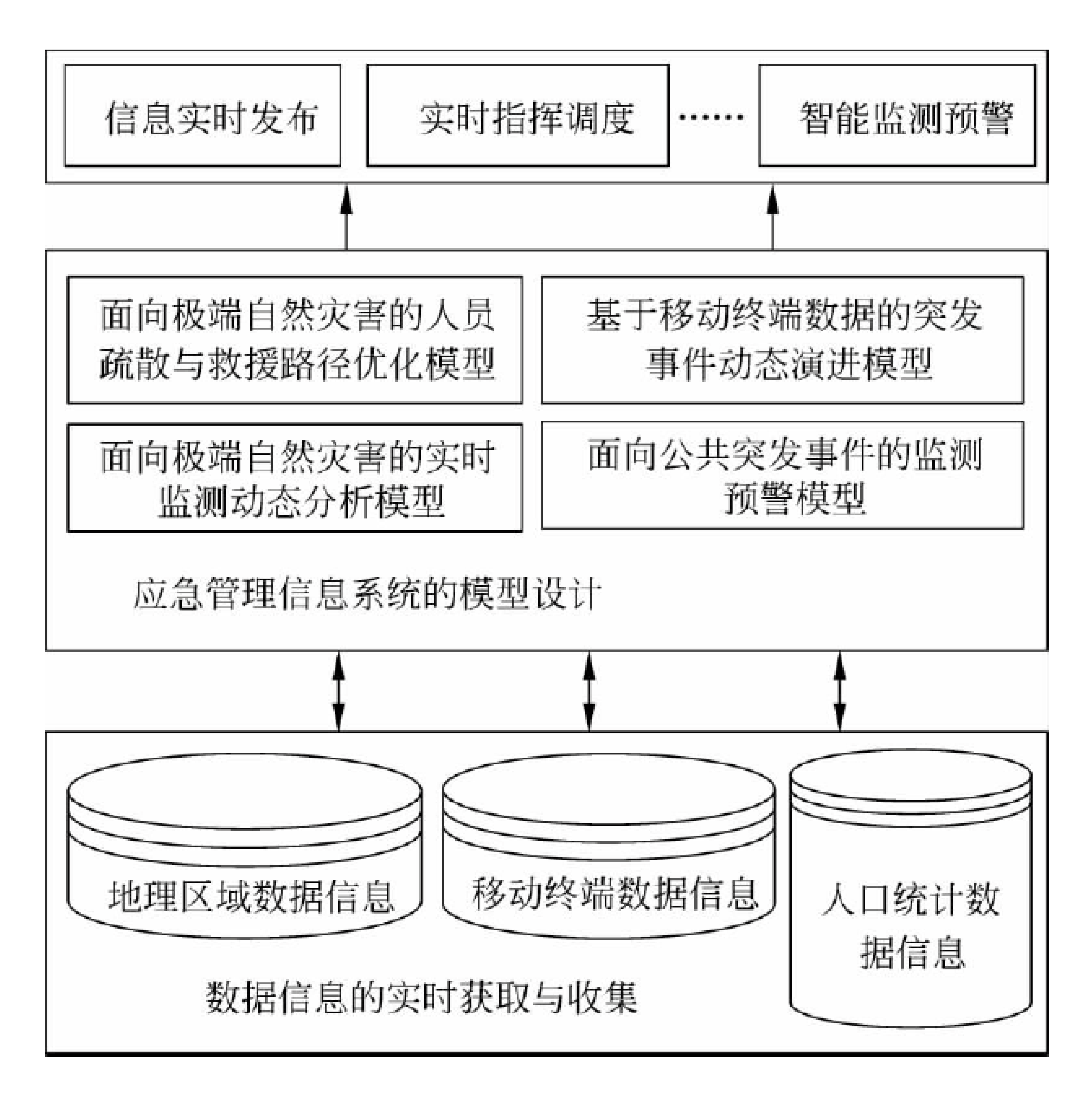


图 7.1　应急管理信息系统的设计框架

途径为信息的处理和应用提供了可靠的数据基础。在获取和收集了实时数据信息后，建立统一的应急管理数据仓库，将面向极端自然灾害和公共突发事件的地理区域数据信息、人口统计数据信息和移动终端数据信息等异构数据进行汇总和存储，以便于后期的数据查询和数据展示，同时也为数据模型的建立提供了数据基础。

（2）应急管理信息系统的数据模型设计

在能够有效收集和存储数据的基础上，针对不同的极端自然灾害和公共突发事件时的不同需要，开发对应的数据模型以支持应急管理相关决策的制定和实时的指挥调度。事实上，极端自然灾害和公共突发事件的应急管理之间存在着明显的差异，它们的应对也就提出了不同的需求。极端自然灾害发生后，需要有效的实时监测和持续的动态分析，这样才能掌握自然灾害演进中各种复杂变化的信息，为有效救援争取时间。而在公共突发事件中，事件开始时的监测预警会更为重要，在事件尚未发酵严重时就进行管控，并实时监控事件的动态演进过程，调整应对决策。可见，应急管理信息系统在面对极端自然灾害时需要具备实时监测与动态分析模型、人员疏散与救援路径优化模型等功能；而在面对公共突发事件时则需要开发监测预警模型、行为动态演进模型等。通过不同的模型对信息进行即时处理，能够为应急管理的开展提供相应的模型基础、科学决策依据，是十分有效的分析工具。

（3）应急管理信息系统的应用

在应急管理过程中，通过对多源异构实时数据的收集和整理，应急管理信息系统能够在极端自然灾害和公共突发事件的处理中提供有效的信息整合、信息展示；将数据运用到合适的模型下，可以提供可靠的决策支持。通过应急管理信息系统平台，可以及时更新并发布相关信息，在信息整合上有巨大的优势。除却对极端自然灾害和公共突发事件的检测预警外，还能够推演事件的变化过程，为应急管理提供合理有效的政策支持。同时，利用该平台可以指导实时指挥调度，在实时全面处理相关事件上有很大帮助。由于数据的存储和积累，在以后的很长时间内，可以对平台上的数据进行处理和挖掘，对极端自然灾害和公共突发事件有更深的认识，对于多方援救措施的施行进行更合理的规划，从而让这个平台实现更大的价值、发挥更大的作用。

7.1.4 移动终端的自救系统设计

这一部分主要介绍应急管理信息系统的具体实现问题，是在上一部分总体设计的基础上进行的更深化的设计。在系统设计完成的基础上，我们还给出了不同应用场景下该信息系统的应用实例。

（1）基于数据仓库的数据信息的实时获取与收集

数据是应急管理中最基本也是最重要的信息，即时的多源异构信息是应急管理信息系统构建的基础。因此，需要确定所需的应急数据信息，分析并筛选不同来源的数据信息，从而建立起全面高效的数据仓库，为应急管理提供并存储大量的数据信息，为后续的分析使用建立基础。

由于应急管理的过程十分复杂，从整体来进行认识和协调时需要多个部门的参与和配合，提供专业即时的有效信息就是合作的第一步。由于数据的多源异构特征，建立统一的数据标准是信息系统进行数据交换和数据集中的重要保障。一个整合的、标准化的数据仓库能够解决应急管理过程中“信息孤岛”的问题，为应急管理的及时响应提供有效的共享信息。另外，在移动网络十分发达的今天，搜集大量的低密度移动数据信息也能够为应急管理提供十分有价值的信息；而随着物物相连理念的渗入，随着物联网的发展，极端条件下利用物联设备定位有效信息，对于信息的完整性和准确性也十分重要。以上的信息整理和利用，能够调动多方面的应急资源，并有助于进行高效的应急管理。例如：严重的地震过后，很多设施会遭到破坏，震区内的一些信息可能无法通过固有设施传递到援救人员手中。此时，可以使用 ZigBee、Wi-Fi 等短距离通信设备搭建一个局部网络。虽然可能无法形成一个完整的网络，但却能在主要设备失效的情况下连接到预埋在楼外的汇聚节点（sink 节点）或紧急投放的汇聚节点。根据 sink 节点中的局部信息，救援人员能

够对其探测到的受困人员进行救助,从而提高救助的效率和成功率。

如图 7.2 所示,应急管理信息系统的数据仓库主要包括地理区域数据信息库、人口统计数据信息库及移动终端数据信息库。

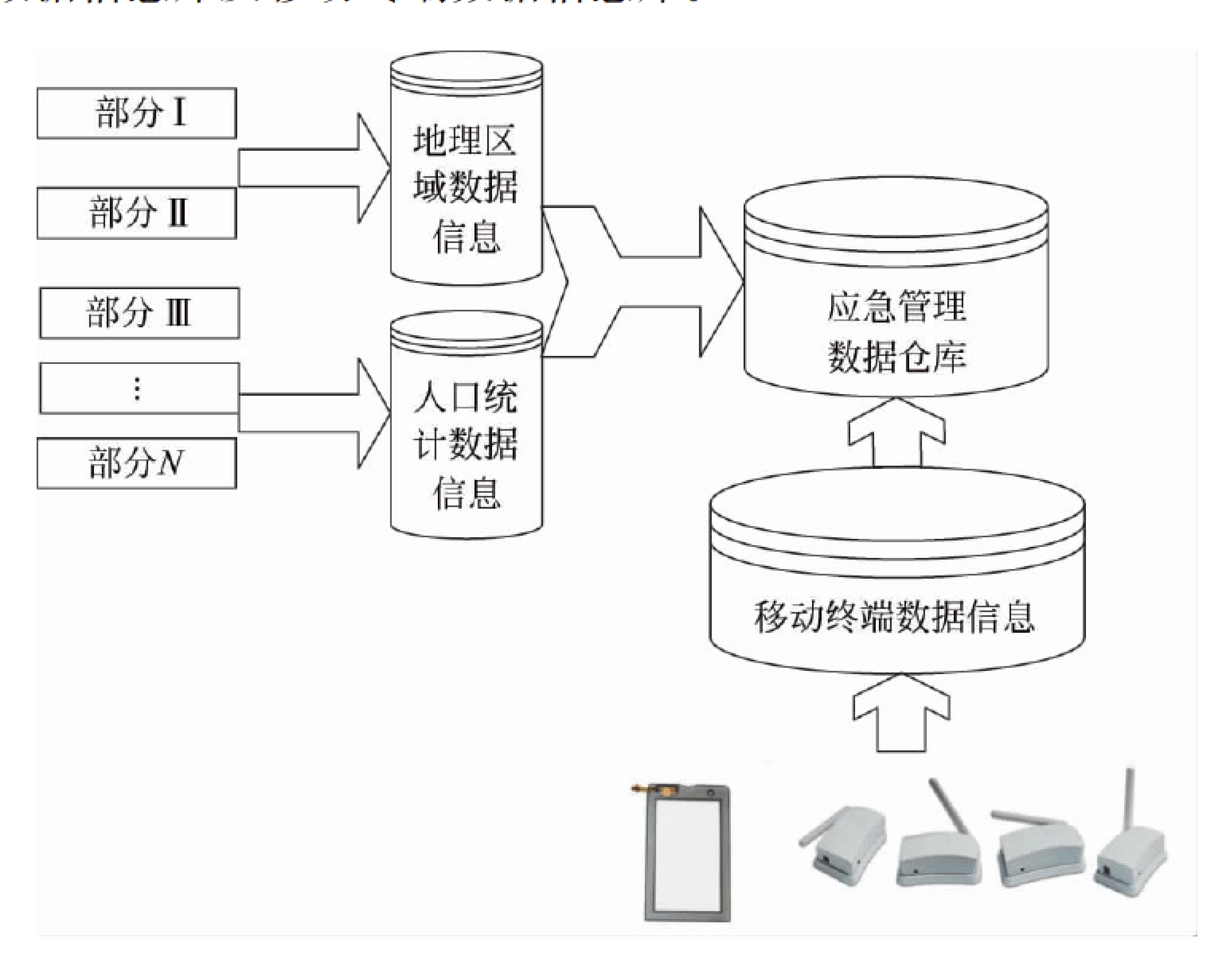


图 7.2　应急管理数据仓库

(2) 基于数据挖掘的模型构建

在汇集了各种有效信息后,及时有效地分析和利用需要构建合理的模型来进行推测和规划设计。在设计中,可以为该信息系统添加运筹学方法和最新的智能计算模型,针对不同的应急事件和不同的侧重点,使用者可以筛选合适的数据来源,并选择合理的模型进行推演,科学地构建应急管理模型,提高应急管理的效率。

在应对极端自然灾害的应急管理中,实时监测分析、人员疏散与救援指挥等是主要的考虑问题。针对实时检测,可以根据实时获得的多种数据,利用智能计算方面的方法,对极端自然灾害的破坏程度及受灾人员的情况进行实时的动态监测分析。针对人员疏散与救援指挥,则可以运用运筹学、数据建模等方法对收集到的数据进行分析,设计安全快速的人员疏散路线,优化救援指挥路径等,从不同方面提高救援效率。

在应对公共突发事件的应急管理中,实时事件监测预警、行为与事件的动态演进等是主要的问题。针对事件实时监测预警,引入计算智能和社会网络分析方法对已有的数据进行分析,有助于掌握事件的发展过程并构建出幸存人员网络图,有助于公共突发事件的异常分析。在行为与事件的动态演进上,则可以引入时间序

列分析与行为建模等方法，在正确梳理事件的动态演化的基础上，可以对事件的后续变化进行推演，预防出现行为异常情况，为援救方案的制定和实施争取更多的有效时间。

（3）基于可视化技术的信息展示

在应急管理过程中，大量的即时多源异构数据信息虽然能够为模型构建和政策分析提供有力的支持，但同时也存在着过于复杂、不够直观等缺点，严重影响指挥人员对信息的掌握和利用。因此，在应对极端自然灾害和公共突发事件的过程中，信息内容可视化可以为实时决策提供有力的支撑。例如，在极端自然灾害发生的过程中，信息系统能够对被救援人员的位置进行图形化显示，被救援人员的数量、位置和密度，甚至是生命体征等都可以更直观地展现出来，有助于救援人员进行观察和分析，从而制定更为有效的救援措施。

（4）应急管理信息系统的应用实例

我们设计的应急管理信息系统可以有效地整合各部门的专业数据信息，并纳入了多种数据建模的方法以期能够对突发事件进行有效的监测和管理，该信息系统可以广泛应用于破坏力巨大的地震灾害、流感爆发和其他一些性质恶劣的公共突发事件等。例如，在严重的地震灾害发生时，由于主流的电力系统、通信设备等的中断，灾区信息与外界信息的交流被迫切断，此时则可以借助移动终端和布局的多种传感器，利用局部的无线通信网络，准确定位等待救援人员的位置和周围环境。通过这部分信息的搜集和处理，再结合从其他来源获取的地理位置和人员情况的详细信息，可以在有效时间内制定出更为详细的救援路线和策略，为大规模救援提供了有力的保障。

7.1.5 总结

本章设计了基于移动终端及 ZigBee 组件的应急管理信息系统，利用移动终端和多种传感器，可以有效地捕捉并整合缺失的数据信息，即能够为当前突发事件的应急管理提供决策支持，也可以在以后的时间中对大量的数据进行知识发现和探索，深入了解突发事件和极端自然灾害的发展过程和特征，并优化对应的应急管理措施。利用商务智能技术，本文设计了基于数据仓库的应急管理数据信息的获取与收集、基于数据挖掘的应急管理模型构建以及基于可视化的信息展示这三大构成应急管理信息系统的主要模块；并通过应急管理的实例，论述了本文提出的模型框架在应急管理中的可行性和有效性，即该系统能够为经济管理提供有效的决策支持和政策分析工具，是应急管理能够有效进行的重要支撑。

7.2　基于物联网移动终端图像检测的突发事件应急管理方法

7.2.1　背景介绍

近年来,国内外发生了一系列意想不到的突发公共安全事件,对人民生活造成了重大影响。例如,2010 年 8 月菲律宾旅游大巴劫持事件、2014 年 3 月马航客机失联事件、2014 年 10 月江西歹徒砍杀小学生事件(将来可能会出现幼儿园、小学劫持事件),以及频繁发生的公交车爆炸、袭击或劫持事件等。各种公共安全事件的频繁发生,给各国各级政府在紧急情况下的救援工作带来了严重挑战。在刚进行的 2014 年 11 月 3 日 APEC 会议安保实战演练中,中国雪豹突击队专门以公共车辆劫持事件为例,进行了实战演练(见图 7.3)。这显示了我国政府对公共交通劫持安全重大事件的关心和重视。因此,该类突发事件的应急管理也成为学术界研究的一个焦点问题(范维澄,2007)。





图 7.3　2014 年 11 月 3 日 APEC 会议前夕针对公共车辆劫持事件的安保实战演练画面[①]

在突发事件中,这一类公共安全突发事件的共同特点是:被困者或被劫持者处在一个相对封闭的场所,场所外面的应急处理中心无法了解内部的具体信息,因而无法做出对应急处理最准确的判断,产生了应急救援环节链条上获取信息的“断环”。如 2010 年菲律宾大巴劫持事件中,劫匪要求将车内的所有车窗紧闭、窗帘关闭,并砸坏车内摄像头,劫匪只通过车门与外界进行沟通(见图 7.4)。处在外部的应急决策中心无法了解车厢内部状况,盲目的判断导致了强攻救援和矛盾激化,司机逃脱后发出信息才开始袭击导致救援时机的错失。最终,多名人质被劫匪枪杀,造成 8 人遇难,2 人重伤。

① 图片来源:CCTV-13。



图 7.4　菲律宾旅游大巴劫持和解救图[①]

可以说，在该类公共安全突发事件中，了解封闭环境内部的信息一直以来是一个难以攻破的难题。在刚进行的 APEC 安保实战演练中，中国雪豹突击队采取的了解车厢内部环境的方法是通过遥控无人直升机（见图 7.5）。但是，这样的行为也存在着诸多风险，如手持武器的劫匪不可能允许无人直升机接近劫持车辆，劫匪被激怒后矛盾进一步升级等。



图 7.5　2014 年 11 月 3 日 APEC 会议前夕中国雪豹突击队使用遥控无人直升机侦查车内情况的演练画面[②]

伴随着物联网和智能移动终端的快速普及，手持移动通信设备，例如智能手机，已经成为物联网的一个典型节点。借助各种传感器技术和手机终端，智能手机

① 图片来源：http://news.163.com/photoview/00AO0001/10544.html。

② 图片来源：CCTV-13。

物联网可以按约定的协议,把需要连接的物品与互联网连接起来,完成信息交换和计算,实现了智能化识别、定位、跟踪、监控和管理。

在车辆被劫持这类突发事件中,手持移动通信设备的被劫持者可以成为传递车内信息最直接最有效的信息源。充分发挥车内被困者的作用,通过计算机图像检测和网络技术,使车厢内外信息的沟通成为可能,因而可大幅提升外界对车厢内情况的掌握程度,“接补”上了因无法了解灾难内部情况而产生的一个“救援环节链条”上的“断环”。

第二个例子如图 7.6 所示,在 2014 年 3 月马航客机失联事件中,失联乘客通过手机发出了一张劫机照。被劫持者“可能是从屁股后面摸出 iPhone5,并通过声控功能让手机登录然后发出信息”。



图 7.6 马航客机失联事件可能 iPhone 拍的照片(注:图片真伪待马航官方确认)[①]

然而,现阶段在应急管理领域,互联网尤其是公众社交平台(例如微博)上的海量信息并没有得到充分的利用。许多流失在网络信息中,可能是当事人冒生命危险发出的珍贵现场图像(一般他会发到自己最常用的微博上去,因为微博最熟悉,把手藏在座位底下也能按对键),或文字信息并没有充分发挥其可贵价值。也就是说,网络中即使存在着处理非常规突发事件的有价值信息,现存的应急管理系统也并没有一套完整合理的机制可以实现对其有效的监测和预警功能(姜艳萍等,2011)。由于图像比文字一般含有更多的信息,而且在突发事件中被困者发出文字的机会也较小,作为此类应急管理研究的开始,本章只讨论基于图像的应急管理和对策。

基于这样的背景和突发事件信息收集与传递的缺陷,本章针对非常规突发事件的图像信息,提出一种行之有效的图像获取与应急处理解决方案,充分补充了应急管理现场决策的信息源,对应急决策起到十分重要的参考价值。

① 图片来源:http://blog.sina.com.cn/s/blog_58d9fed20102emc6.html。

7.2.2 情景分析

本章以菲律宾大巴劫持事件为例，受劫匪的要求和胁迫，公共汽车的所有窗帘均封闭起来，车门被劫匪所控制，因而整个车厢环境都被封闭且无法被外界观察到，即出现了封闭空间场景(Confined Space Scene，CSS)(Grathwohl 等，1999)，应急处理的决策方无法通过常规渠道观察到公共汽车内部的环境，劫匪只通过一个易于控制的空间通道与外界进行谈判，因此劫匪处于十分有利的地位，而应急处理中心则因为信息量十分稀缺而处于被动状态。在这种危机情况下，获取 CSS 场景内部的信息能够帮助应急决策中心由被动转为主动。

此时，车厢内部被劫持的人质冒着生命危险拍摄到了车厢内部的图像信息，并以最快的速度上传到微博或微信等社交平台上，形成了十分宝贵的数据资料。一般来说，图像相对于其他形式的数据源，具有速度快、信息量大、传输方便等诸多优势，是当前情况下最有助于外界了解车厢内部环境的信息途径。具体来说，通过手机向外界传递的图像信息集合 $I(i_1, i_2, \cdots, i_N)$有可能(至多)包含的信息：

i_1：车内被劫持人数；

i_2：被劫人员在车内位置；

i_3：被劫人员年龄特征、性别；

i_4：劫匪人数；

i_5：劫匪所持武器；

i_6：劫匪在车内的主要位置；

i_7：车厢内环境特征。

得到上述图像信息对应急决策中心的主要决策价值至少包括：(1)了解与掌握车厢内的劫持人数，估计此次劫持事件的严重程度、影响范围和应急级别；(2)对被劫持人员地理位置的掌握可以帮助应急中心了解营救行动主要地理方向，同时防止暴力解救行动时的误伤。(3)了解被劫持人员年龄分布后，若老人与儿童较多，则需要加紧营救速度，同时准备充足的医疗措施，在谈判时也应当优先考虑老人与儿童的释放问题。(4)了解劫匪人数和劫匪所持武器有助于摸清敌我力量，增添了谈判筹码，同时有助于确定劫匪的威胁程度。(5)对劫匪主要位置的确定有助于狙击手对歹徒的瞄准和判断。(6)车厢内环境特征信息可以帮助决策中心了解车厢内潜在的物理障碍，营救障碍等，避免不必要或错误的营救措施。

因而，有效地接补应急决策中救援链条的“断环”，使从车厢内部发出的宝贵图像信息有效地传递给突发事件指挥中心和现场的应急决策中心，是整个应急处理信息获取过程中很重要的一个环节。但根据现有的研究与实践情况，还没有一种可靠的渠道和机制实现这样的信息传递过程(Canos 等，2004)。在实践中往往采

取的方法是通过无人机或者以谈判借口靠近被劫持车辆,但通过这种方法得到的信息十分有限,且实践时难度也相对较大。因此,充分利用 IT 技术,提出一种接补信息传递救援链条中的"断环"的有效解决方案。

假设应急决策中心在 t_1 时刻接到某突发事件的预警通知,由于此时得到的信息不完全,只能根据报警人及一般常识判断与预测突发事件在 $t_2(t_2>t_1)$ 时刻的状态和所处级别,并根据此判断采取相应的应急方案。当该方案执行到 $t_1+\triangle t(t_1<t_1+\triangle t<t_2)$ 时刻时,应急决策中心得到了数量为 I 的信息量,掌握了更加准确的现场信息,因此可以及时调整 t_1 时刻的判断和采取的应急措施,做出更加准确的应急预案。

在这个过程中,设 $S=\{s_1,s_2,\cdots,s_m\}$ 表示突发事件的等级集合,其中 s_j 和 s_k 分别表示突发事件第 j 个等级和第 k 个等级,当 $j<k$ 时,$s_j<s_k$,即表示突发事件的等级 s_j 低于 s_k;假设每个突发事件等级对应一个应急方案,则应急方案集合表示为 $X=\{x_1,x_2,\cdots,x_m\}$,其中 x_j 是针对突发事件等级 s_j 的应急方案;而该应急方案对应的启动成本向量表示为 $C=\{c_1,c_2,\cdots,c_m\}$,其中 c_j 为方案 x_j 的启动成本,并且当 $j<k$ 时,$c_j<c_k$,即级别越低,启动成本越小。

设 a_j^o 表示方案 x_j 对突发事件 s_o 的处置效果,取值规定如下:

当 $s_j \geqslant s_o$ 时,$a_j^o>0$,表明方案 x_j 能够完全控制和应对突发事件 s_o 级别,并且超出了预期效果,且 s_j 与 s_o 相差越大,对应的 a_j^o 就越大,表明方案 x_j 对突发事件 s_o 的处置效果越好。

当 $s_j<s_o$ 时,$a_j^o<0$,表明方案 x_j 应对突发事件 s_o 时无法达到预期效果,且 s_j 与 s_o 相差越大,对应 a_j^o 的就越小,表明方案 x_j 对突发事件 s_o 的处置效果越差(Mendonca 等,2001)。

由此得到 a_j^o 与 C 和变量 s_j-s_o 之间的关系判断情况(见图 7.7)。

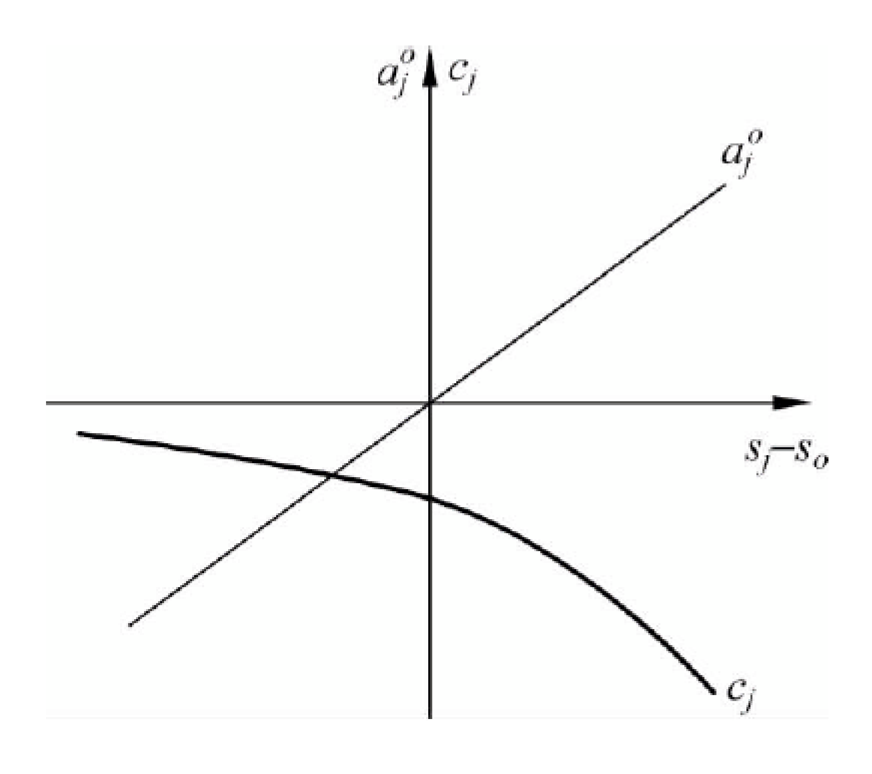


图 7.7 a_j^o 与 C 和变量 s_j-s_o 之间的关系判断情况

此时引入采用方案 x_j 进行应急处理的决策时效用函数 $U(c_j,a_j^o)=m\cdot c_j+n\cdot$

a_j^o(m，n 为常数)，可以知道，a_j^o 的取值与信息量 I 相关，当从 t_1 到 $t_1+\triangle t$ 时刻所获取的信息量 I 越充分，则对 a_j^o 的预估和判断会更加准确。则当效用函数 $U(c_j, a_j^o)$ 越大，应急处理决策效果越好。在该函数中，决定函数结果最核心的问题是采取的应急方案 x_j 是否最佳满足突发事件 s_o 的应急情况。而在应急方案 x_j 的选择过程中，由 t_1 到 $t_1+\triangle t$ 时刻所获得的信息量 I 的大小起到至关重要的作用，I 越大，则对方案的判断越准确，应急处理决策的效用函数 $U(c_j, a_j^o)$ 越大。

假设现有系统已经从社交网络平台 SNS(Social Network Site，SNS)上获取了海量的图片资源，形成了 SNS 海量图像池。SNS 图像池具体可以表示为：

$$p=\begin{bmatrix} x_{11}, x_{12}, x_{13}, & \cdots & x_{1M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{N1}, x_{N2}, x_{N3}, & \cdots & x_{NM} \end{bmatrix}$$

其中，P 表示一个 SNS 图像池的集合，P 向量集合共包含 N 行，即表示该图像池共包含 N 个图像，每一行为一条图像的基本信息；同时，P 向量集合共包含 M 列，即表示该图像池包含了 M 类图像信息，例如，第一列包含的是图像的 GPS 定位信息，第二列包含图像发布时间信息，第三列表明了图像发送端口信息，第四列包含图像发布者账号信息等。总体上说，SNS 图像池 P 针对每一张图片 $\vec{p}=(x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \cdots x_{iM})$，都包含了 GPS 定位、图片发布时间等相对一致的信息量。

对于突发事件的任一场景 $\omega\in\bar{\Omega}$，提取 ω 情景的主要信息，进行每一张图片 $\vec{p}_i=(x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \cdots x_{iM})$ 的筛选。如针对菲律宾旅游大巴劫持 ω 场景，可以对图片限定为 GPS 定位信息 x_{i1} = 菲律宾马尼拉市中心基里诺大看台附近，x_{i2} = 事发前 2 小时——图片处理即时时间，即 2010 年 8 月 23 日上午 7 时至图片处理即时时间(张玲等，2014)。根据 ω 场景限定向量值的取值，基于网络辅助信息预筛选出和菲律宾旅游大巴劫持相关的新图片池 P'。

但图片池 P' 依旧存在许多信息噪声。因此，需要从包含 S 个图片的图片池 P' 中进一步提取与菲律宾大巴劫持事件强相关的图片集合 P''，其包含 T 个图片，且 $S\leqslant T$。即：由

$$P'=\begin{bmatrix} x_{11}, x_{12}, x_{13}, & \cdots & x_{1M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{S1}, x_{S2}, x_{S3}, & \cdots & x_{SM} \end{bmatrix}$$

筛选为

$$P''=\begin{bmatrix} x_{11}, x_{12}, x_{13}, & \cdots & x_{1M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{T1}, x_{T2}, x_{T3}, & \cdots & x_{TM} \end{bmatrix}, \quad \text{其中 } S\leqslant T$$

这个过程可以进一步转化为一种图像的识别和分类问题。即如何从众多满足预

筛选条件的图片(即满足 2010 年 8 月 23 日上午 7 时至图片处理即时的时间段内,发生在菲律宾,由某一些端口上传等限制条件的图片)中,进一步判别出是劫持大巴这一特定非常规突发事件场景的图片,这就需要一种有效的监测与预警模型来实现。

在得到包含 S 个有效图片的图片池 P''后,系统将图片池 P''传递给现场应急中心,应急中心根据得到的 S 个图片集合进一步提取有效的信息量 $I(i_1, i_2, \cdots, i_N)$,挖掘包含 i_1:车内被劫持人数,i_2:被劫人员在车内的位置,i_3:被劫人员的年龄特征、性别,i_4:劫匪人数,i_5:劫匪所持武器,i_6:劫匪在车内的主要位置,i_7:车厢内的环境特征等信息在内的图片价值,最大化地利用该类信息帮助现场应急中心进行决策。整个过程见图 7.8。

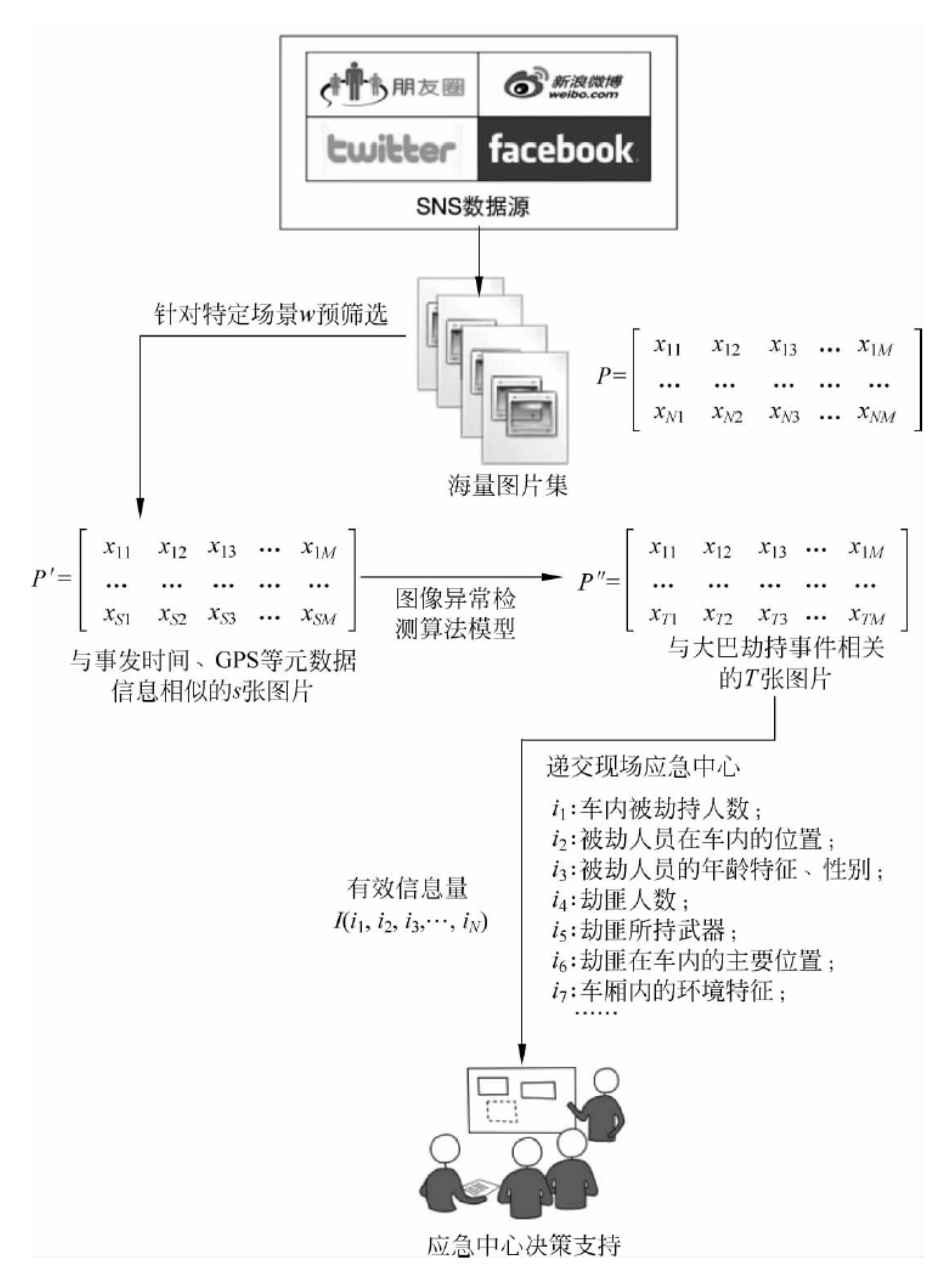


图 7.8　有效获取图像信息量问题建模流程

因此，可以判断整个图像有效信息获取过程中，如何在预筛选出的图像池中进一步判别出与劫持大巴事件相关的图片集合是该过程中的重点也是难点研究所在。基于此，本章利用 IT 技术提出了一种自动智能化的针对特定突发事件场景进行图片识别与筛选的图片异常监测算法模型，完善了整个应急处理车厢内信息获取的链条，保证了有效获取信息量模型的完整和有效。

7.2.3 基于 SIFT 特征与 SVM 分类的异常检测算法模型

图像数据的异常检测算法关键点在于自动进行图像标注，其根本困难在于计算机能从像素中提取的底层视觉特征和用户在特定情境下对图像内容的高层语义解读之间存在语义鸿沟（傅卫平等，2011）。为了消除语义鸿沟，现有方法主要是利用一组人工标注的训练数据在视觉特征和语义标签之间建立某种映射关系，再根据这种映射关系自动为待标注的图像添加相关标签（Starzyk 和 He，2009）。特别地，目前公认比较有效的解决方案是量化 SIFT（Scale Invariant Feature Transform）描述了得到的图像特征加上以支持向量机 SVM（Support Vector Machine，SVM）为主的分类器（吴锐航等，2008）。

本章将公认度较高的图像分类算法运用到突发事件图像数据的异常检测中，提出了一个针对特定突发事件场景（本章以菲律宾劫持大巴事件为例）的基于图像数据的异常检测算法模型（见图 7.9）。接下来，我们给出各个模块所采用的方法和技术路线。

1. 基于 SIFT 的劫持事件图像描述特征提取

SIFT 即尺度不变特征变换，是 David G. Lowe 在 2004 年提出的用于图像处理领域的一种局部特征描述算法，该算法对图像的尺度缩放、平移、旋转变换，甚至亮度变化以及仿射变换都具有相当的稳健性（Lowe，2004）。本章将 SIFT 算法应用于车辆劫持事件图像物体识别和特征提取领域，重点识别提取出车辆劫持事件中较为典型的劫匪、武器枪支、汽车座椅等特征。为实现对算法的训练，本章收集了大量已标记为劫车事件的图像，针对每一幅劫车事件图像，SIFT 特征提取的算法主要包含四步骤：

（1）尺度空间极值检测

针对离线收集到的车辆劫持空间图像进行亚采样，将平滑和亚采样重复进行，就可以得到构成金字塔的一系列图像。定义二维高斯滤波函数如下。

$$G(x,y,\sigma) = \frac{2}{2\pi\sigma^2}e^{\frac{-(x^2+y^2)}{2\sigma^2}}$$

（其中，表示高斯函数的方差）

输入的 $N*N$ 车辆劫持图像 $I(x, y)$ 在不同尺度空间下的表示，可以由图像与高斯核卷积得到 Gaussian 图像：

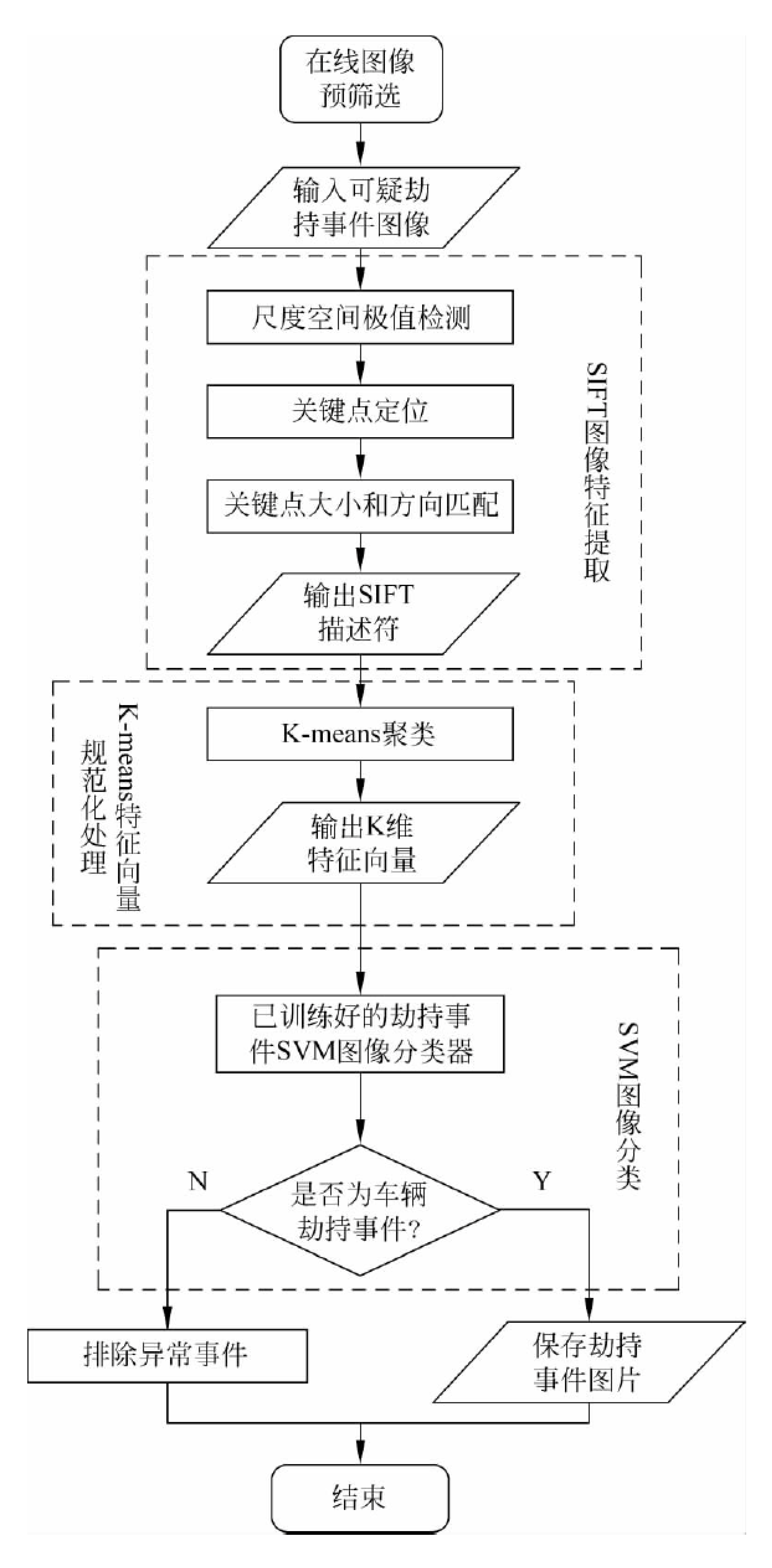


图 7.9　基于 SIFT 特征与 SVM 分类的异常检测算法模型

$$L(x,y,\sigma) = G(x,y,\sigma) * I(x,y)$$

其中,σ 称之为尺度空间因子,其值越小表示图像被平滑得越少。大尺度对应图像的概貌,小尺度对应图像的细节。DoG 算子定义为:

$$D(x,y,\sigma) = [G(x,y,k^{\sigma}) - G(x,y,\sigma)] * I(x,y)$$

为了检测 $D(x, y, \sigma)$ 的局部极值点,需要将 DoG 尺度空间每个点与其相邻尺度和相邻位置的 26 个点逐个进行比较。若像素 (x, y) 是一个可能的 SIFT 关键点,则它必须在周围 26 个近邻像素(上一个尺度的 9 个点+同尺度的 8 个点+下一尺度的 9 个点)中是极值点。所有这样的局部极值点,就构成了一个 SIFT 候选关键点的集合。

(2) 关键点定位

极值检测得到的车辆劫持图像的所有关键点,还必须通过两步检验才能确定关键点:一是它必须与周围的像素有明显的差异,即需要提出对比度低的关键点;二是需要剔除不稳定的边缘响应点(因 DoG 算子会产生较强的边缘响应)。

(3) 关键点大小和方向匹配

为了使算子具备旋转不变性,采用梯度直方图来确定关键点的主方向。点 (x, y) 处梯度的模值和方向的计算公式为:

$$m(x, y) = \sqrt{(L(x+1,y) - L(x-1,y))^2 + (L(x,y+1) - L(x,y-1))^2}$$

$$\theta(x,y) = \tan^{-1} \frac{L(x,y+1) - L(x,y-1)}{L(x+1,y) - L(x-1,y)}$$

对于车辆劫持图像的每一个关键点,考虑它邻近的一个邻域窗口内点的梯度方向,直方图的峰值就代表了该关键点出邻域梯度的主方向,即作为该关键点的方向。为每个关键点指定方向参数,使得算子具备旋转不变性。

(4) 生成 SIFT 描述符

为确保旋转不变性,首先将坐标轴旋转为关键点的方向。以一个关键点为中心,取 8×8 的窗口,将该窗口切成 2×2 的子窗口,统计每个子窗口中的方向直方图。

每一个子窗口的方向由其上 4×4 的小块的方向用之前的方法来决定。劫持图像中的每个关键点方向由 2×2 共 4 个种子点的方向决定,一个种子点有 8 个方向的信息,则每个关键点就有 4×8=32 维。

在实际计算过程中,为了增强匹配的稳健性,通常采用 4×4 共 16 个种子点来描述,这样车辆劫持图像中每个关键点就有 16×8=128 维的数据,形成 128 维的 SIFT 特征向量,对于每一张车辆劫持图像都包含多个关键点。

2. 基于 K-means 聚类的异常事件图像标签库

由 SIFT 算法提取后的每一副车辆劫持图像都是大量 SIFT 关键点的集合,每一个关键点都是一个 128 维的特征向量,描述着图像中物体的某一部分特征信息,如图像中武器特征、劫匪位置特征、车内座椅特征等。但每一幅图经过 SIFT 算法所产生的关键点个数不尽相同,而针对车辆劫持图片的识别和判断需要计算机自动化完成,因而需要将关键点的特征向量规范为统一的特征形式(张松松和詹智财,2012)。因此我们进一步采用 K-means 算法对 SIFT 特征进行聚类,并以欧氏

距离作为聚类的标准，对于 SIFT 特征向量 X 到第 i 个聚类中心的距离为

$$Di = \sqrt{\sum_{j=1}^{128}(x_j - k_{ij})^2}$$

其中，x_j 是向量 X 的第 j 维，k_{ij} 是第 i 个聚类中心的第 j 维。利用 K-means 算法进行多次迭代计算得到 K 个聚类中心。K 的值可以通过多次试验与选取测试，最终对聚类速度和分类精确度进行综合考虑后决定。

若输入的劫持车辆图像具有 N 个 SIFT 关键点，则需统计这 N 个特征点在 K 个聚类中心的分布情况，从而形成该副图像对应的特征分布向量，具体的特征分布向量第 j 维计算公式为

$$v_j = \frac{\sum_{j}^{N} s_{ij}}{N}$$

其中 s_{ij} 的取值为

$$S_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{第 } i \text{ 个 SIFT 关键点属于第 } j \text{ 个聚类中心} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

由此算法可以将一副具有 N 个 SIFT 关键点的图像转化成一个 K 维的特征分布向量，表示了该图的分类特征，经过大量已标注的劫车事件图像的训练，可以得到劫车事件异常图像特征向量标签库。作为进一步进行 SVM 算法分类的基础。

3. 基于 SVM 算法的图像分类

SVM(Support Vector Machine, SVM)即支持向量机，是由 Vapnik 等在 1995 年提出的在解决小样本、非线性识别中具有巨大优势的一种二分类器算法(Guo 等，2001)。具体实现时，可以将过程分为“离线图像训练”和“在线图像判别”两部分(见图 7.10)。

在实现中，我们采用了台湾大学林智仁副教授开发的 LIBSVM 软件包在 MATLAB 环境下完成了训练和分类过程。本章利用 SVM 实现了图片的二分类问题，具体做法是：在进行 SVM 分类器训练时，从新闻网站、新浪微博、腾讯微博等网站上共收集了 1058 幅与公共汽车或旅游大巴劫持相关的图片和 3128 幅非突发事件的图片作为 SVM 分类训练的集合。更进一步，将 1058 幅相关图像和 3128 幅非相关图像分为了训练集 V_1 与测试集 V_2。其中，将训练集中的 858 幅相关图像和 2128 幅非相关图像用于 SVM 分类器的训练，并用剩下测试集中的 200 幅相关图像和 1000 幅非相关图像用作训练效果的检验。分类的结果见表 7.1 和表 7.2。

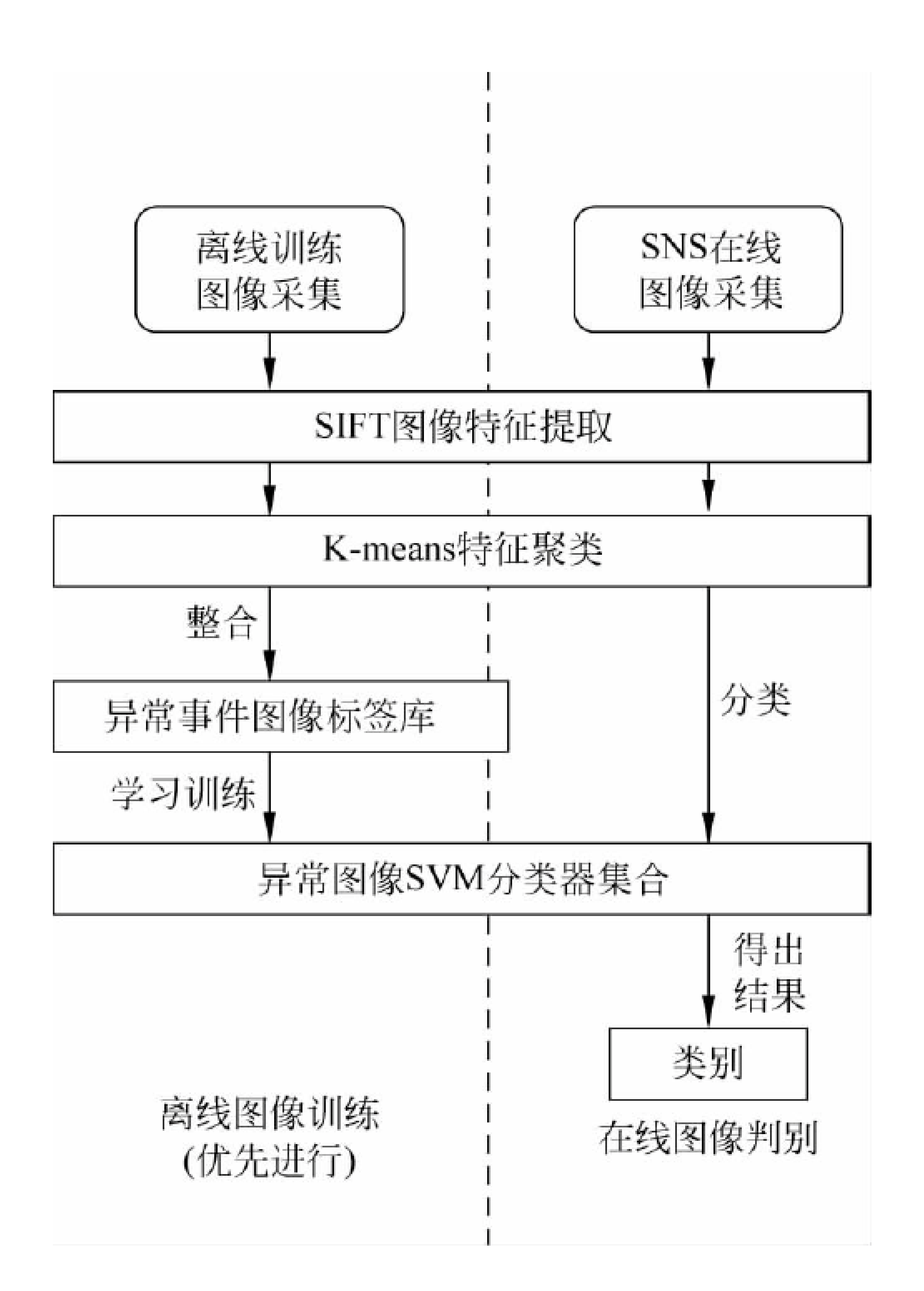


图 7.10 基于网络图像数据的异常检测方法

表 7.1 针对大巴劫持图像 SVM 分类训练的图像收集分配表

	训练集 V_1	测试集 V_2	合计
与劫持事件相关图像	858	200	1058
与劫持事件不相关图像	2128	1000	3128
合计	2986	1200	4186

表 7.2 针对大巴劫持图像的 SVM 分类器测试结果

SVM 分类器	实际条数	判断条数	正确判断条数
与劫持事件相关图像	200	184	165
与劫持事件不相关图像	1000	1016	808
合计	1200	1200	973

为了进一步说明 SVM 分类器的分类效果，本章统计了利用 SVM 进行判别劫持事件相关图像的分类准确率和召回率，具体如表 7.3 所示。

表 7.3 劫持事件图像判别结果评估表

	准确率	召回率
与劫持事件相关图像	89.7%	82.5%
与劫持事件不相关图像	79.5%	80.8%

可以看到，用 SVM 进行图像的判别效果还是较好的，因此说明本实验所提出的基于 SIFT 特征与 SVM 分类的异常检测算法模型是可行且效果较佳的。

此外，该模型还可以进一步拓展使用的场景和范围，根据场景集合下的不同具体场景，分别收集相对应的图像信息，进行对应的 SVM 分类器训练。形成更加系统的全场景突发事件异常检测模型。

7.2.4　APEC 演练实例重构

本章的系统开发是基于 Eclipse 环境下的 Java 开发，采用了较为成熟的 SIFT 特征提取算法和 K-means 聚类算法的 Java 开发包，实现了图像数据的特征提取与特征规范功能，同时将每一条图像信息经 SIFT 与 K-means 算法处理得到的 K 维的特征分布向量数据存储在一个. txt 文档中，作为在 Matlab 环境下实现的 SVM 分类器的输入。最终经 SVM 分类器判别后得到该张图像是否与大巴劫持事件相关的结论。

图片异常监测算法模型利用 IT 技术智能地实现了自动对车辆劫持事件场景进行图片识别与筛选，完善了整个应急处理车厢内信息获取的链条的分析研究，这样就可以给出针对 APEC 安保车辆劫持实战演练的优化处理过程(见图 7.11)。

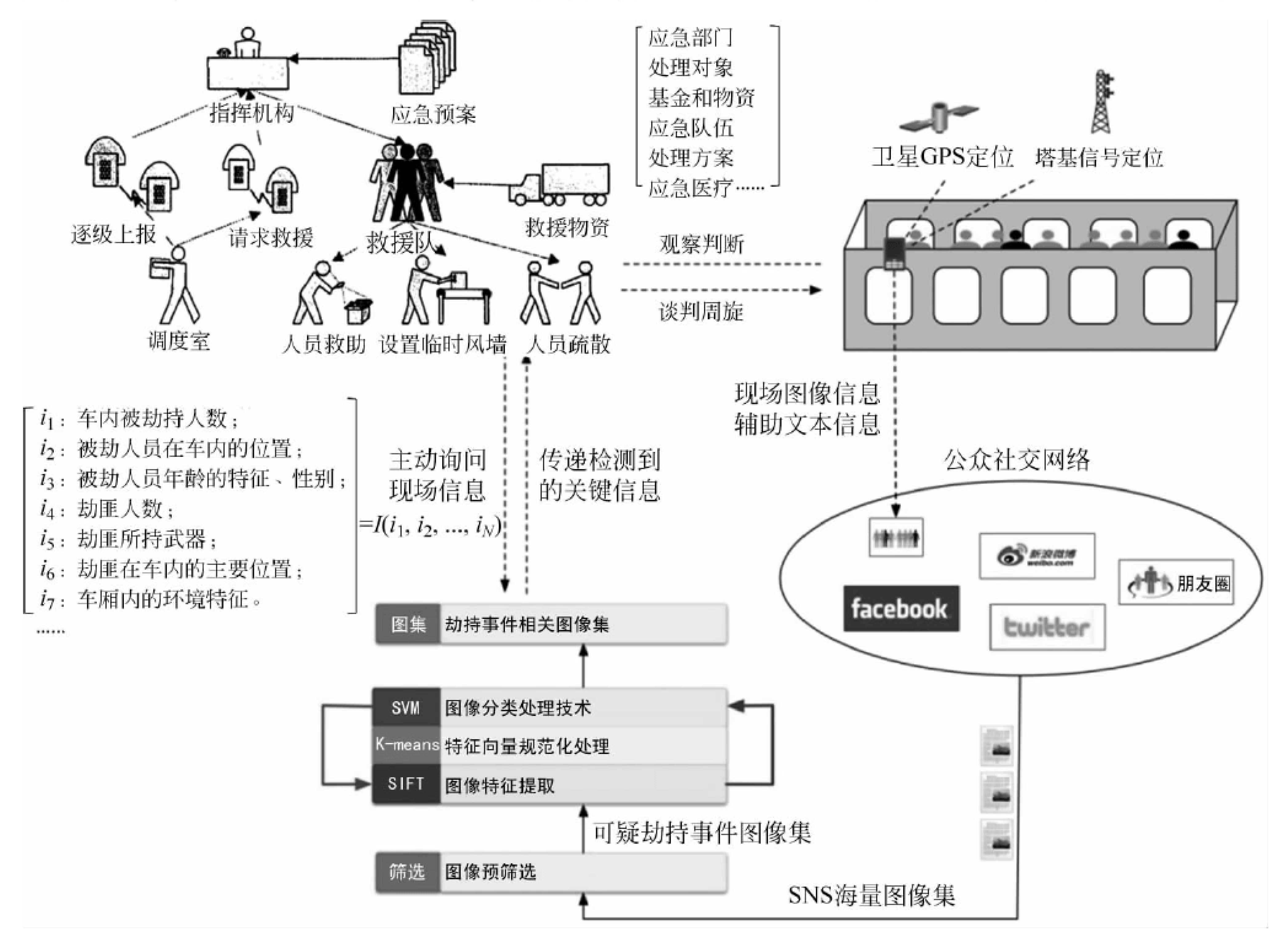


图 7.11　基于有效图像信息获取的优化应急处理过程

从图中可以看出，本章所提出的有效获取关于劫持大巴事件相关的图像信息流程模型，以及进一步深化的基于 SIFT 特征与 SVM 分类的异常检测算法模型，科学有效地完善了整个针对劫持大巴事件的应急救援链条，为处在现场的应急决策中心提供了车内被劫持人数、车辆内人员位置信息、劫匪所持武器信息、车厢内环境信息等十分有价值的内容，补充了已有 APEC 演练中信息获取渠道和方式，帮助应急指挥中心制定更实时准确的预案。也尽可能地避免了类似菲律宾劫持大巴事件时，应急指挥中心所采取的较为鲁莽的强攻行为，和进一步激化的人质死亡结果。因此也可以看出，本系统所提出的车厢内部图像信息获取解决方案在应急实践中具有重大的价值和影响。

7.2.5 总结

作为一种典型的物联网节点，智能手机等移动终端的快速普及，可以帮助我们充分利用先进的科学技术，结合网络海量资源价值，利用计算机技术与网络技术，提高对应急事件的应变能力。

伴随着越来越多针对公共汽车、大巴车、高铁、地铁等威胁公共交通安全事件的发生，本章对该类公共安全威胁突发事件进行了详细的剖析与思考，敏锐地发现了现阶段针对该类事件应急管理中场景内外信息传递的“断环”和可以对网络信息价值利用仍不充分的缺陷与不足。本章提出了一种合理的实现封闭空间内部与外部图像信息互通的应急解决预案，进而更好地帮助应急处理人员进行决策的制定。

本章还进一步提出了针对劫持事件图像的异常检测算法模型，解决了信息获取预案中最核心的环节，形成了一套切实可行的应急管理处理框架。这套基于图像信息互通的相对完整的应急解决预案，可以充分获取社交网络平台上的突发事件图像信息，并将其传递至相应的应急部门，有效地解决了信息断层问题。

此外，本章的解决方案和算法模型还可以进一步引申到一大类与劫持大巴相似的非常规突发事件处理中，例如幼儿园和学校等场所的劫持事件、居民楼煤气罐或更大的爆炸引起的大楼的局部或全部坍塌，甚至地震救灾(被困在建筑底层的人员也可以通过图像信息向外界传递求救信号等)等，在更多的应急场景处理中都具有十分重要的参考价值。

从更广泛的应用场景上看，智能手机物联网可以在消费上完成智能化，例如手机扫码和支付等，也可以在企业管理上完成库存管理、物流跟踪等。可以说，智能手机物联网实现了将人与物的信息交互转变成了物与物的信息交换。

参 考 文 献

[1] Bhatti S，Carlson J，Dai H，et al. MANTIS OS：An embedded multithreaded operating system for wireless micro sensor platforms. Mobile Networks and Applications，2005，10(4)：563-579.

[2] Canos J H，Alonso G，Jaén J. A multimedia approach to the efficient implementation and use of emergency plans. MultiMedia，IEEE，2004，11(3)：106-110.

[3] Dunkels A，Gronvall B，Voigt T. Contiki-a lightweight and flexible operating system for tiny networked sensors. //Local Computer Networks，2004. 29th Annual IEEE International Conference on. IEEE，2004：455-462.

[4] Grathwohl M，De Bertr F，de Beuvron F B，et al. A new application for description logics：disaster management. Proc. of the International Workshop on Description Logics' 99，Linkoping. 1999.

[5] Guo G，Li S Z，Chan K L. Support vector machines for face recognition. Image and Vision computing，2001，19(9)：631-638.

[6] Han C C，Kumar R，Shea R，et al. A dynamic operating system for sensor nodes. //Proceedings of the 3rd international conference on Mobile systems，applications，and services. ACM，2005：163-176.

[7] Hill J，Szewczyk R，Woo A，et al. System architecture directions for networked sensors. ACM SIGOPS operating systems review，2000，34(5)：93-104.

[8] Lorincz K，Chen B，Challen G W，et al. Mercury：a wearable sensor network platform for high-fidelity motion analysis[C]//SenSys. 2009，9：183-196.

[9] Lowe D G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. International journal of computer vision，2004，60(2)：91-110.

[10] Mendonca D，Beroggi G E G，Wallace W A. Decision support for improvisation during emergency response operations. International journal of emergency management，2001，1(1)：30-38.

[11] Miller M. 万物互联：智能技术改变世界. 赵铁成译. 北京：人民邮电出版社，2016，219-221.

[12] starcio 博客. http://blogs. starcio. com/2012/03/top-five-tools-of-bigdata-analytics. html. 2012-03.

[13] Starzyk J A，He H. Spatio - temporal memories for machine learning：A long-term memory organization. Neural Networks，IEEE Transactions on，2009，20(5)：768-780.

[14] 毕红霞，孙兴元. 物联网背景下的智慧医院建设. http://www. iotworld. com. cn/html/News/201312/4b9c52894ba0b4f8. shtml，2013.

[15] 陈锋，刘剑锋. 基于IC卡数据的公交客流特征分析——以北京市为例. 城市交通，2016，14(1)：51-58.

[16] 陈根. 智能穿戴——物联网时代的下一个风口. 北京：化学工业出版社，2016.

[17] 陈龙彪，李石坚，潘纲. 智能手机：普适感知与应用. 计算机学报，2015，38(2)：423-438.

[18] 陈昱嘉. 大数据在智能交通领域的应用. 中国安防，2016(5).
[19] 程贵峰，李慧芳，赵冉等. 可穿戴设备：已经到来的智能革命. 北京：机械工业出版社，2015.
[20] 传感器(检测装置)_百度百科，http://baike.baidu.com/link? url=7BTBEJ_xCw4xqV_CpDxrB04J9XMg5jXH7rqgGZawcBc1fFw1_jhBAfEe8XqIH0n1g804B2sqHZNFKqz87Joz-JYAa9CERzC1UPUHQzEOwSoS#10.
[21] 邓永红. 4G 通信技术综述. 数字通信世界，2005，(2)：58-63.
[22] 电子标签_百度百科，http://baike.baidu.com/link? url=r4AZoRkGLytbv2EMgWzdV-kCyXWz06xH7NGdfP88P-i_v2vIs0eZ2jNEprckd0Mpb.
[23] 杜经农，余绍明. 三峡工程船舶智能调度系统的动态规划建模与算法. 计算机与数字工程，2003，31(3)：47-50.
[24] 杜晓通. 无线传感器网络技术与工程应用. 北京：机械工业出版社，2010.
[25] 二维码_百度百科，http://baike.baidu.com/view/132241.htm.
[26] 范维澄. 国家突发公共事件应急管理中科学问题的思考和建议. 中国科学基金，2007，21(2)：71-76. DOI：10.3969/j.issn.1000-8217.2007.02.003.
[27] 傅卫平，秦川，刘佳等. 基于 SIFT 算法的图像目标匹配与定位. 仪器仪表学报，2011，32(1)：163-169.
[28] 宫夏屹. 大数据平台综述. 系统仿真学报，2014，26(3)：489-496.
[29] 郭源生. 智慧医疗体系推进的八大问题和六大举措. http://news.39.net/hygc/140618/4407581.html，2014.
[30] 何遥. 智能交通管理平台的发展. 中国公共安全，2016(11).
[31] 侯彦丽. 中国物联网产业的发展前景. 经营管理者，2015，1.
[32] 胡永利，孙艳丰，尹宝才. 物联网信息感知与交互技术. 计算机学报，2012，35(06)：1147-1163.
[33] 江昆. 物联网核心技术初探. 无线互联科技，2011，06：26-27.
[34] 姜艳萍，樊治平，苏明明. 应急决策方案的动态调整方法研究. 中国管理科学，2011，19(5)：104-108.
[35] 寇纲，彭怡，石勇. 突发公共事件应急信息系统框架与功能. 管理评论，2011，23(3).
[36] 郎为民. 大话物联网. 北京：人民邮电出版社，2011.
[37] 李德伟. 大数据改变世界. 北京：电子工业出版社，2013.
[38] 李军. 大数据——从海量到精准，北京：清华大学出版社，2014.
[39] 李国庆. 我国光纤通信发展现状及前景初探. 信息安全与技术，2013，4(1)：5-6.
[40] 李善同，吴三忙，何建武. “十三五”时期中国经济社会发展面临的环境与发展新要求. 北京理工大学学报：社会科学版，2015，17(4)：1-8.
[41] 梁循，许伟，马跃峰. 基于移动终端及 ZigBee 组件的应急信息系统研究. 电子科技大学学报：社科版，2013，(6)：16-19.
[42] 刘佩君. 浅析物联网发展. http://www.docin.com/p-1493081435.html，2015.
[43] 刘禹. 物联网时代的大数据. 高技术与产业化，2013，05：66-69.
[44] 刘云浩. 物联网导论. 北京：科学出版社，2010：006-011.
[45] 柳星. 多核无线传感器节点操作系统研究与设计实现. 武汉大学，2014.

[46] 陆伟良，杜昱，侯惠荣等. 智慧医疗的现状及发展. 中国医院建筑与装备，2016，03：82-84.

[47] 麦肯锡. “会面”2020 中国消费者，2012.

[48] 毛弘毅，赵旭滨. 浅谈物联网技术特点及其发展趋势. 黑龙江科技信息，2012，02：127-127.

[49] 目前物联网发展中存在哪些问题. http://wenku.baidu.com/link? url＝6s4ErkUbdn_kYOu1mmblmL0vZ3n4w3UT7L9jzc_ulqk67cRZm_ZBugv6TE7fyRDo9POje8MTQOPzC-JxMqi2GEkTJFJ4-ldykTaOGeNBP3cS. html，2011.

[50] 祁明亮，池宏，赵红，孙颖. 突发公共事件应急管理研究现状与展望. 管理评论，2006，18(4).

[51] 齐晓飞，王光霞，王富强，崔秀飞. 基于位置服务的语义位置建模研究. 测绘科学，2014，39 (5)：89-92.

[52] 钱则人. 浅谈“互联网＋智能交通”行业应用的实现. 信息系统工程，2016(1)：90-96.

[53] 邱冰清，朱国亮. 江苏交警发布春运交通事故大数据：3 年以下驾龄引发事故占三成. 驾驶园，2016(3).

[54] 曲彤安. 浅谈大数据在物联网产业中的应用. 计算机光盘软件与应用，2015，01：55-56.

[55] 阮晓东. 物联网握手大数据. 新经济导刊，2013，08：44-48.

[56] 深圳国泰安教育技术股份有限公司大数据事业. 大数据导论. 北京：清华大学出版社，2015.

[57] 石军锋，钟先信，陈帅，邵小良. 无线传感器网络结构及特点分析. 重庆大学学报(自然科学版)，2005，02：16-19.

[58] 苏美文. 物联网发展现状及其中国发展模式的战略选择. 技术经济与管理研究，2015(2)：121-124.

[59] 孙文韬，张鹏，朱磊. 智能交通在我国的应用与发展. 大陆桥视野，2016(6).

[60] 唐科萍，许方恒，沈才樑. 基于位置服务的研究综述. 计算机应用研究，2012，29(12)：4432-4436.

[61] 条形码知识，http://www.onejava.com/article/ean/ean-upc.htm＃8

[62] 王浩. 大数据时代下的思维变革. 2014.

[63] 王文俊. 突发公共事件应急信息系统及其技术体系. 信息化建设，2005，(9).

[64] 王雪茹. 物联网技术的特点与应用. 计算机光盘软件与应用，2014，17(3)：46.

[65] 网易新闻，http://news.163.com/16/0125/20/BE707GND00014JB5.html. 2016-01-25.

[66] 维克托·迈尔·舍恩伯格，肯尼恩·库克耶，大数据时代：生活、工作与思维的大变革. 盛杨燕，周涛译. 杭州：浙江人民出版社，2012，12.

[67] 吴锐航，李绍滋，邹丰美. 基于 SIFT 特征的图像检索. 计算机应用研究，2008，25(2)：478-481.

[68] 吴志丹. 应急物流信息系统设计研究. 生产力研究，2012，(6).

[69] 物理网的由来及其发展. http://wenku.baidu.com/link? url＝S8-shjvu-BkJ-ArQ9hfO-ANTprAKcMKNSmQQ3WbWBZ8mCbgZys_4OT4Yd1MXh5UBYrk7xE3dFq43rnKT4C-TNTh-tGx8WWW_I-KzGReKf2zfi.html，2012.

[70] 谢旭阳，邓云峰，李群，王善文. 应急管理信息系统总体架构探讨. 中国安全生产科学技

术，2006，2(6).
[71] 邢丹，姚俊明. 面向医疗行业物联网：概念、架构及关键技术研究. 物联网技术，2014，11：49-55.
[72] 徐连敏，于凤江. 城市应急指挥信息系统设计实践. 信息技术与信息化，2011，(3).
[73] 徐静，王慧. 大数据及其正能处理技术在物联网产业中的应用. 硅谷，2013，17：1+3.
[74] 薛小平，王骞，张芳. 物联网核心技术及应用演进. 计算机应用，2013，10：2701-2706.
[75] 闫成印. 物联网带动大数据发展. 互联网天地，2012，11;29-31.
[76] 杨婧. 基于 ZigBee 协议的 WSN 服务质量分析与研究. 西安工业大学，2013.
[77] 杨涛，孔令波，胡建斌，等. 车辆自组网隐私保护研究综述. 计算机研究与发展，2012(S2)：178-185.
[78] 杨振宇，葛永章，张正祥等. 一种用于改善设备运行环境的智能环境控制系统. 2014，CN203455737U.
[79] 尹国东. 物联网技术在我国的发展前景. 通讯世界，2015，11：107.
[80] 余莉，张治中，程方等. 第五代移动通信网络体系架构及其关键技术. 重庆邮电大学学报(自然科学版)，2014，26(4)：427-433.
[81] 臧婉瑜，于勐，谢立等. 按需式 ad hoc 移动网络路由协议的研究进展. 计算机学报，2002，25(10)：1009-1017.
[82] 张欢敏. 浅析城市智能交通系统产业化发展趋势. 智能城市，2016(2).
[83] 张玲，陈涛，黄钧. 基于最小最大后悔值的应急救灾网络构建鲁棒优化模型与算法. 中国管理科学，2014，07：131-139.
[84] 张松松，詹智财. 基于 SIFT 特征与支持向量机的车辆分类系统研究. 电脑知识与技术，2012，8(17).
[85] 赵勇，林辉，沈寓实. 大数据革命——理论、模式与技术创新. 北京：电子工业出版社，2014.
[86] 赵国峰，陈婧，韩远兵等. 5G 移动通信网络关键技术综述. 重庆邮电大学学报(自然科学版)，2015，27(4)：441-452.
[87] 甄珍. 物联网发展现状与前景分析. 通讯世界，2015，07：38-39.
[88] 郑淼，王斌，杨晓春. 路网环境下基于位置服务的隐私保护方法. 华东师范大学学报，2015，9(5)：116-127.
[89] 中国物联网发展报告. 北京：社会科学文献出版社，2013，1：14-17.
[90] 钟永光，毛中根等. 非常规突发事件应急管理研究进展. 系统工程理论与实践，2012，32(5).
[91] 周傲英，杨彬，金澈清，马强. 基于位置的服务：架构与进展. 计算机学报，2011，34(7)：1155-1171.
[92] 朱洪波，杨龙祥. "互联网＋"时代的智慧城市发展与物联网产业创新. 信息通信技术，2015，5：4-5.
[93] 邹力. 物联网与智能交通. 北京：电子工业出版社，2012.